

**Geologische Untersuchungen im Gebiet Lago General Carrera-
Lago Cochrane, Prov. Aisen/Chile
unter besonderer Berücksichtigung des Grundgebirges und
seiner Tektonik**

Ulrich Lagally

1975



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41551907_0080

GEOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN IM GEBIET LAGO GENERAL CARRERA -
LAGO COCHRANE, PROV. AISEN/ CHILE
UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DES GRUNDGEBIRGES UND
SEINER TEKTONIK

Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung des Doktorgrades
des
Fachbereiches Geowissenschaften
der
LUDWIG - MAXIMILIANS - UNIVERSITÄT
MÜNCHEN

vorgelegt von
Ulrich Lagally
München 1975



1. Berichterstatter: Prof. Dr. H. Miller
 2. Berichterstatter: Prof. Dr. K. Schmidt
- Tag der mündlichen Prüfung: 17. Juli 1975

Vorwort

Das metamorphe Grundgebirge im chilenischen Teil Patagoniens ist auch heute noch wenig erforscht. Daß ich gerade in diesem geologischen Neuland meine Dissertation erstellen durfte, verdanke ich meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof.Dr.H.MILLER. Er regte die vorliegende Arbeit an, war mir in vorbildlicher Weise bei allen Schwierigkeiten, die ein Auslandsaufenthalt - nicht nur bei der Geländearbeit - mit sich bringt, behilflich, ließ mir bei der Ausarbeitung jede nur mögliche Hilfe zukommen und verfolgte mit regem Interesse den Fortgang der Arbeit. Dafür sei ihm herzlich gedankt.

Herr Prof.Dr.K.SCHMIDT ermöglichte mir durch die großzügige Bereitstellung eines Arbeitsplatzes sowie die Erlaubnis zur Benutzung der Institutseinrichtungen die Fertigstellung der Arbeit am Institut für allgemeine und angewandte Geologie der Universität München.

Für zahlreiche Anregungen, Hinweise, Diskussionen und Kritik danke ich meinen Kollegen Dr.B.LAMMERER, Dipl.-Min. E.HÖLZL, Dipl.-Geol.E.PROSSER, Dipl.-Geol.M.v.SPERBER (Freiburg), cand.geol.M.HEMMERICH sowie besonders Fräul.A.SCHWEIGER.

Viele chilenische Kollegen halfen bei der Überwindung von Schwierigkeiten und durch wertvolle Ratschläge.

All den Mitarbeitern des Institutes für allgemeine und angewandte Geologie, die zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben, sei hier mein Dank ausgesprochen.

Die Arbeit wurde ermöglicht durch Stipendien des Deutschen Akademischen Austauschdienstes und nach dem Graduiertenförderungsgesetz.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Zusammenfassung	1
Resumen	2
1. Einführung	4
1.1 Geographischer Überblick	4
1.2 Geologischer Überblick	7
1.3 Frühere Bearbeitungen	9
1.4 Bergbau in der Region der Seen	11
1.5 Problemstellung	13
1.6 Arbeitsmethoden	14
1.6.1 Feldarbeit	14
1.6.2 Auswertung	15
2. Petrographie des Grundgebirges	17
2.1 Formación Lago General Carrera	17
2.1.1 Begriffserklärung	17
2.1.2 Frühere Bearbeiter	18
2.1.3 Eigene Beobachtungen	19
2.1.3.1 Grünschiefer	19
2.1.3.2 Marmore	23
2.1.3.3 Quarzmarmor	26
2.1.3.4 Quarzphyllit	27
2.1.3.5 Quarzite und Quarzitschiefer	30
2.1.3.6 Serizitphyllit	31
2.1.3.7 Serizitquarzitschiefer	34
2.1.3.8 Graphitschiefer	35
2.2 Formación Lago Cochrane	37
2.2.1 Begriffserklärung	37
2.2.2 Frühere Bearbeiter	37
2.2.3 Eigene Beobachtungen	38
2.2.3.1 Quarzphyllit	38
2.2.3.2 Quarzit	40
2.2.3.3 Serizitphyllite und Serizit- quarzite	42

	Seite
2.2.3.4	Tonschiefer 45
2.2.3.5	Cordieritschiefer 47
2.2.3.6	Sandsteine 48
2.3	Metamorphose 49
2.3.1	Formación Lago General Carrera 49
2.3.2	Formación Lago Cochrane 50
2.3.3	Alter der Metamorphose 51
3.	Tektonik des Grundgebirges 53
3.1	Formación Lago General Carrera 53
3.1.1	Bahía Murta 53
3.1.2	Pto. Tranquilo 54
3.1.3	Pta. del Mármol - Pta. León 56
3.1.4	Pto. Cristal 56
3.1.5	Pto. Sánchez 58
3.1.6	Pto. Guadal 59
3.1.7	Desague und Río Delta 62
3.1.8	Lago Bertrand 63
3.1.9	Río Baker 64
3.2	Formación Lago Cochrane 65
3.2.1	Valle Chacabuco 65
3.2.2	Cochrane 67
3.2.3	Südufer Lago Cochrane und Lago Brown 69
3.2.4	Río Oro 71
3.2.5	Lago Chacabuco 72
3.2.6	Lago Vargas 73
3.3	Zusammenfassung 73
4.	Alter des Grundgebirges 77
5.	Postvaristikum 85
5.1	Sedimente und Vulkanite des Deckgebirges 86
5.1.1	Basisbildungen der Formación Quemado 86

	Seite
5.1.1.1 Brekzien	86
5.1.1.2 Grauwacke	87
5.1.2 Formación Quemado	89
5.1.3 Formación Coihaique	90
5.1.4 Formación Divisadero	91
5.1.5 Formación Guadal	93
5.1.6 Zusammenfassung	94
5.2 Intrusivgesteine	95
5.3 Vulkanische Gänge	96
6. Bruchstrukturen	98
6.1 Klüfte	98
6.1.1 Kluftsysteme im Grundgebirge	98
6.1.1.1 Formación Lago General Carrera	98
6.1.1.2 Formación Lago Cochrane	100
6.1.2 Kluftsysteme in Vulkaniten	103
6.1.3 Folgerungen	106
6.2 Gänge	107
6.3 Verwerfungen	108
6.4 Lineamente	111
6.4.1 Meßergebnisse	111
6.4.2 Folgerungen und Vergleiche	114
7. Schlußfolgerungen	118
8. Angeführte Schriften	123

Zusammenfassung

Das Gebiet um den Lago General Carrera und den Lago Coch-rane wurde erstmalig näher untersucht. Dabei konnten die bisherigen Kartierungen an vielen Stellen detailliert werden; da jedoch häufig zusätzlich zur Luftbildauswertung keine Geländekontrolle möglich war, ist die Ansprache verschiedener Kartiereinheiten nicht gesichert.

Innerhalb des metamorphen Grundgebirges konnte erstmals eine Zweiteilung in verschiedene Einheiten erkannt werden. Es läßt sich eine Grünschiefer- und Marmor-führende, kam-bro-ordovizische Serie (Formación Lago General Carrera) im Norden von einer rein klastischen, überwiegend devonischen Abfolge (Formación Lago Coch-rane) im Süden abtrennen. Der Grad der Metamorphose erreicht im Nordteil der Formación Lago General Carrera die Grenze Grünschiefer-/Amphibolit-fazies und nimmt nach Süden kontinuierlich ab. Gelegentlich finden sich kontaktmetamorphe Bildungen in der Nähe von Granitintrusionen.

Eine im Oberjura beginnende Abfolge von Vulkaniten, mari-nen und kontinentalen Sedimenten, die nicht metamorph und kaum gefaltet ist, überlagert das Grundgebirge. Diese Serie ist meist lückenhaft ausgebildet, ihre altersmäßige Einstufung basiert oft nur auf lithologischen Vergleichen.

Die Gesteine sind mehrfach tektonisch verformt worden, wo-bei sich eine Kleinfaltung nur im Grundgebirge ausgebildet hat. Am deutlichsten ist die variszische Hauptfaltung ausgeprägt, die im Karbon und Perm verlief. Ihre b-Achsen streichen N-S bis NE-SW und biegen in den östlichen Bereichen in E-W-Richtung um. Sie sind von einer intensiven Querfaltung begleitet, die aufgrund ihres oft steilen Ein-fallens schlingenförmige Verbiegungen hervorruft. Nur im

Bereich der Formación Lago General Carrera läßt sich eine ältere Faltung feststellen, deren b-Achsen NNW-SSE, selten auch E-W gerichtet sind. Sie hat wahrscheinlich kaledonisches Alter. Außerdem finden sich im gesamten Arbeitsgebiet ungefähr N-S-streichende Faltenstrukturen, die auffällig richtungskonstant sind. Sie sind jünger als die variszische Hauptfaltung, jedoch gehören sie trotz ihrer "andinen" Streichrichtung vermutlich zu einer spätvariszischen Faltungsphase, da die alpidische Gebirgsbildung nur zu weitspanniger Biegefaltung und Bruchtektonik führte.

Im Grundgebirge sind überwiegend variszische, daneben auch alpidische Klüfte, in Vulkaniten nur alpidische Klüfte ausgebildet. Vulkanische Gänge folgen oft variszisch vorgegebenen Richtungen. Die Photolineamente verlaufen bevorzugt NE-SW und N-S; diese Richtungen können dem alpidischen Beanspruchungsplan zugeordnet werden.

Eine Beeinflussung des Arbeitsgebietes durch den ozeanischen Chile-Rücken ist beim derzeitigen Kenntnisstand nicht wahrscheinlich.

Resumen

En la región de los lagos General Carrera y Cochrane se han efectuado estudios petrográficos y tectónicos. Los mapas geológicos existentes han sido revisados en muchos lugares; por falta de control en el terreno las unidades mapeadas usando la aerofotogrametría en parte pueden adolecer de ciertas errores en su interpretación.

En el basamento metamórfico se distinguen dos unidades: una serie con participación de esquistos verdes y mármoles, de edad cambro-ordovícica (Formación Lago General Carrera) en el Norte, y una serie netamente clástica, de

edad más ó menos devónica (Formación Lago Cochrane), en el Sur. El grado de metamorfismo alcanza en el Norte casi la facies de anfibolita y disminuye continuamente hacia el Sur. En los alrededores de intrusiones de granitas se encuentra un débil metamorfismo de contacto.

Una serie de vulcanitas, sedimentos marinos y continentales, sin metamorfismo y sin plegamiento intensivo, de probable edad jurásica superior hasta mioceno, sobreyace el basamento. Esta serie en general es muy incompleta, la determinación de su edad muchas veces está basada sólo en correlaciones litológicas.

Las rocas han sufrido varios plegamientos; el más fuerte - la fase principal variscica - se ha desarrollado en el carbónico ó pérmico. El rumbo de sus ejes estructurales es N-S hasta NE-SW, en las partes orientales casi E-W. Un plegamiento transversal (b_1) causa en varios lugares ejes verticales de pliegues ("Schlingentektonik"). Solamente en la Formación Lago General Carrera se encuentra un plegamiento de rumbo variable NNW-SSE, también E-W, probablemente de edad caledónica. Además, en toda la región estudiada existe un plegamiento de rumbo constante N-S de edad tardivariscica. La orogénesis alpidica ha producido sólo pliegues muy amplios y fracturamientos.

En el basamento se encuentran sistemas de fracturas de origen variscico y alpidico, en las vulcanitas solamente de procedencia alpidica. Los diques volcánicos siguen direcciones dependientes de la orogénesis variscica, los fotolineamientos prefieren direcciones NE-SW y N-S (alpidicas).

Según nuestros conocimientos actuales en la región estudiada el "dorsal de Chile" probablemente no ha participado en el desarrollo estructural.

1. Einführung

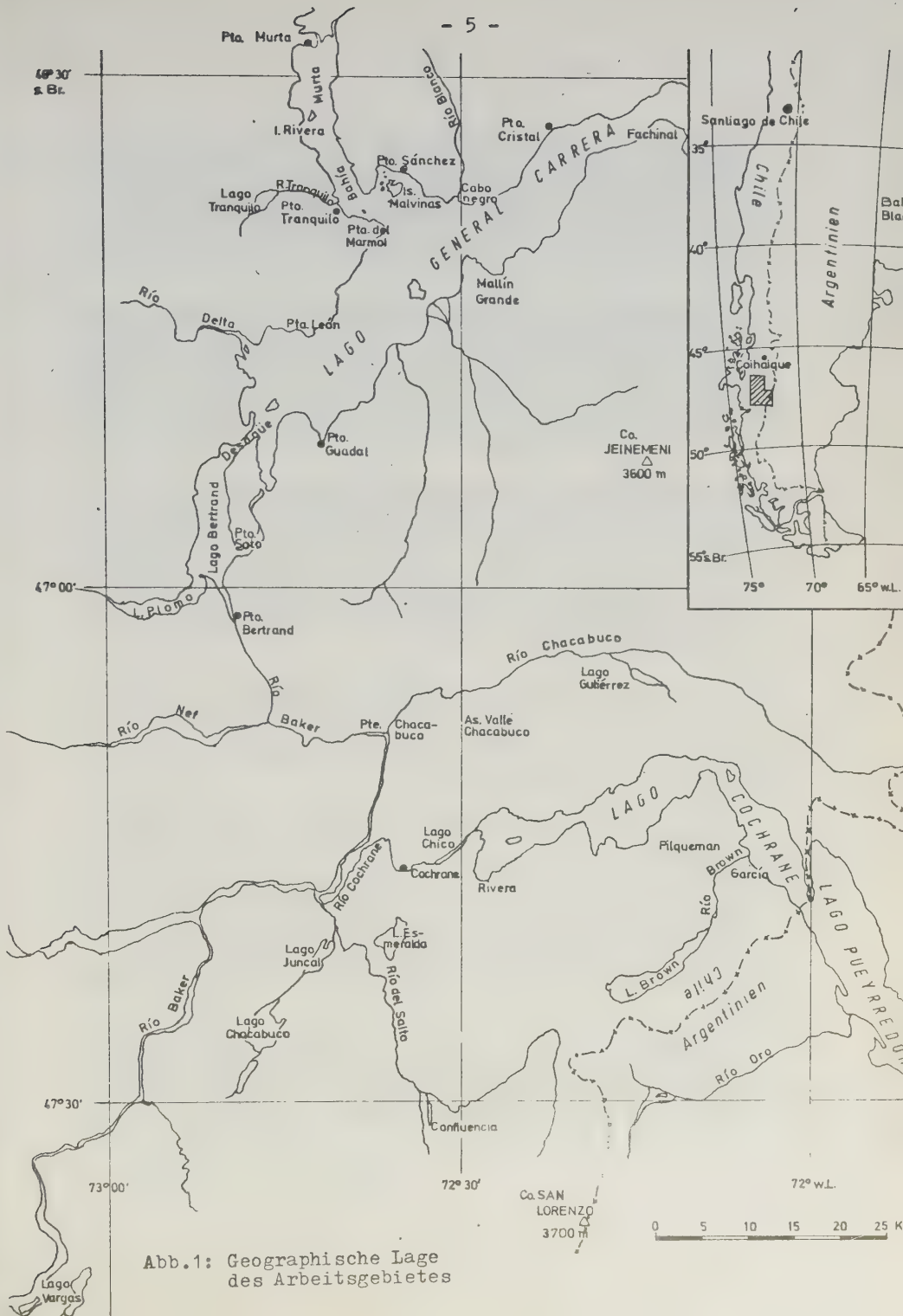
1.1 Geographischer Überblick

Das Arbeitsgebiet liegt im Südtteil der chilenischen Provinz Aisén (Abb.: 1). Hier ist das Andengebirge im Durchschnitt 100 bis 120 km breit, die Gipfelflur liegt mit wenigen Ausnahmen in einer Höhe von 2000 bis 2500 m. Östlich daran schließen die argentinischen "Pampas" an, eine Zone ausgedehnter Tafelländer verschiedener Meereshöhe.

Die Andenkordillere besteht in der Umgebung des Arbeitsgebietes aus zwei nicht scharf voneinander zu trennenden Gebirgsketten: der westliche, küstennahe Streifen erreicht im Monte San Valentín 4085 m und verliert nach Süden zu schnell an Höhe. Der östliche Streifen, beginnend etwa bei 46°s.Br., zieht sich an der chilenisch-argentinischen Grenze entlang, erreicht am Cerro San Lorenzo 3700 m und setzt sich weiter nach Süden in die westpatagonische Kordillere fort.

Zwischen diesen beiden Gebirgszügen liegt ein mittelgebirgsähnliches Gebiet; hervorstechende Merkmale sind zwei große W-E-verlaufende Seen (Lago General Carrera und Lago Cochrane). Sie entwässern nach SW (Río Baker mit Zuflüssen). Dazwischen sind Gebirgsstöcke eingeschaltet, die eine maximale Höhe von 2000 m nicht überschreiten. Dieser Bereich umfaßt das eigentliche Arbeitsgebiet; es liegt zwischen 46°30' und 47°45' südlicher Breite und 72° und 73° westlicher Länge, hat eine ungefähre Längserstreckung von 130 km und eine Breite von ca. 70 km.

Das Gebiet ist glazial stark überprägt. Vielerorts sind Moränen, Gletscherschliffe, Eisrandterrassen, Schotterflächen und Seetone erhalten. An den oben angeführten Seen findet sich eine bemerkenswerte Erscheinung: beide sind an



ihren Ostenden durch Moränenkränze der Würmeiszeit abgeschlossen. Obwohl diese Teile der Seen schon weit außerhalb der Kordillere liegen, haben sie ihren Abfluß dennoch nach Westen. Während des Abschmelzens des Eises entwässerten beide nach Osten zum Atlantik. Mit dem Rückzug des Eises aus dem Becken des Rio Baker wurde der Abfluß zum Pazifik frei; die Wasserscheide verlagerte sich nach Osten in den außerandinen Bereich.

Das Arbeitsgebiet liegt im Westwindgürtel und zugleich im Gebirgsschatten. Daraus resultieren Klimaverhältnisse, die auf kurze Entfernung völlig konträr sein können. An der küstennahen Kordillere stauen sich die W-E -ziehenden maritimen Luftmassen. Östlich des Gebirges entstehen föhnartige Fallwinde, die ihre noch gespeicherte Feuchtigkeit über sehr kurze Entfernung abregnen. Der östliche Andenfuß ist nahezu niederschlagsfrei.

Die Vegetation steht in direktem Zusammenhang mit der Abnahme der Niederschläge. In den küstennahen Gebieten und auch noch östlich der Kordillere herrscht nahezu undurchdringlicher Regenwald. In dieser Region kommen Bäume von ca. 30 m Höhe vor. Östlich daran anschließend verläuft eine Zone mit vornehmlich Krüppelholz, das bereits mit Steppengräsern abwechselt; diese etwa 15 km breite Zone geht in die Trockensteppen der patagonischen Pampa über, die bis zum Atlantik reichen.

Bis vor ca. 40 Jahren war diese Region praktisch unbesiedelt. Spuren einer indianischen Bevölkerung sind bisher aus diesem Gebiet nicht bekannt geworden. Durch Landversprechungen wurden siedlungswillige Bauern aus der bereits damals stark besiedelten Zentralzone zwischen Santiago und Pto. Montt neu angesiedelt.

Relativ große Dörfer finden sich am Lago General Carrera dort, wo gute natürliche Häfen sind oder wo Bergbau betrieben wird. Sie zählen heute im Durchschnitt 500 Einwohner. Westlich des Lago Cochrane entstand in den letzten Jahren als Verwaltungszentrum für das neugeschaffene Departamento Baker der Ort Cochrane, der heute ca. 1000 Einwohner hat. Außer diesen Orten finden sich über das ganze Gebiet verstreut kleinere landwirtschaftliche Anwesen. Bevorzugte Standorte sind Flußdeltas, Talauen und sonstige Verebnungsflächen.

Die Bauern leben in erster Linie von der Schafzucht. Das meiste Vieh wird nach dem Norden verkauft, jedoch ist der Transport sehr teuer und oft verlustreich. Dort, wo der karge Boden und das rauhe Klima es zulassen, wird Ackerbau betrieben; diese Erträge reichen meist nicht für den Verkauf.

Durch die häufig betriebene Brandrodung wurde der uralte Baumbestand binnen kürzester Zeit soweit reduziert, daß heute fast nur noch Krüppelholz wächst. Dadurch und durch die zum Teil allzu intensive Schafzucht ist der Boden einer verstärkten Erosion ausgesetzt, die der Bevölkerung die Lebensgrundlage zu entziehen droht.

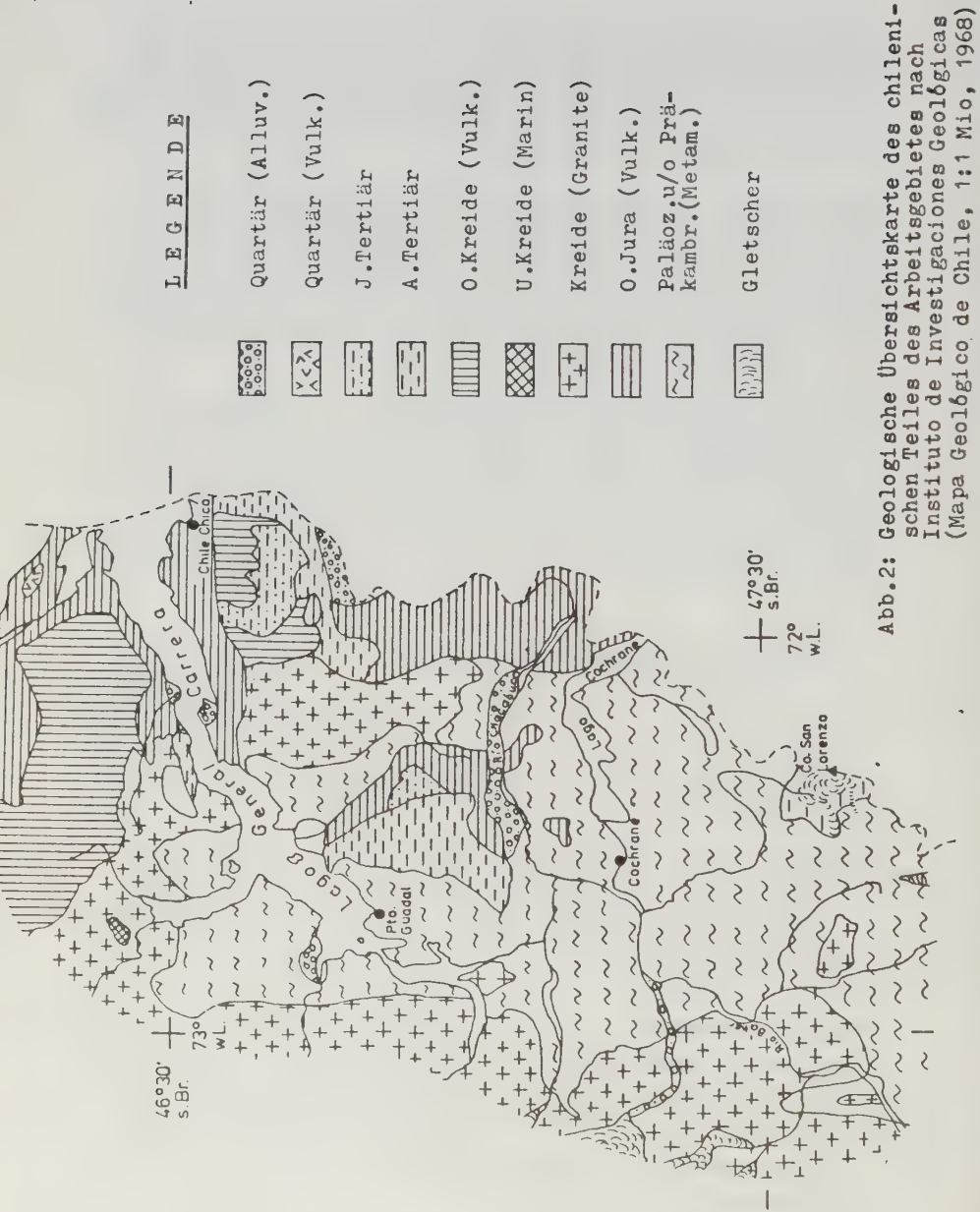
Das Hauptproblem in der Entwicklung dieses Gebietes sind die äußerst mangelhaften Verkehrsverbindungen. Bisher existieren nur zwei Straßen. Um in die südlichen Teile der Provinz zu gelangen, ohne argentinisches Gebiet passieren zu müssen, muß man sich der wenigen Schiffe bedienen, die auf dem Lago General Carrera verkehren. Wie schon RUIZ (1946, S.5) beklagt, haben die Schiffe auch heute noch keinen festen Fahrplan, sodaß man häufig bis zu einer Woche auf eine Fahrgelegenheit warten muß.

Das Gebiet verfügt über ein recht gut ausgebautes Netz kleiner Landepisten; Cochrane wird im Sommer regelmäßig - soweit das Wetter es zuläßt - angefliegen. Im Notfall kann man auf Privatflugzeuge zurückgreifen, um schneller sein Ziel zu erreichen; allerdings scheitern derartige Pläne meist an mangelhaften Kommunikationsmöglichkeiten (kein Telefon) oder an widrigen Witterungsverhältnissen. So bleibt vieles dem Zufall überlassen; die konsequente Durchführung geplanter Vorhaben ist nur in den seltensten Fällen möglich.

1.2 Geologischer Überblick

Grobschematisch gliedert sich das Arbeitsgebiet in ein prä-mesozoisches, kristallines Grundgebirge und ein postvariszisches, nichtmetamorphes Deckgebirge (Abb.: 2).

Innerhalb des Grundgebirges läßt sich eine Grünschiefer-führende von einer Grünschiefer-freien Serie unterscheiden. In ersterer treten mächtige Marmorlagen in Wechsellagerung zu Grünschiefern und knolligen Quarzphylliten auf. Die Grünschiefer-freie Serie setzt sich aus einer monotonen Wechselfolge von Quarziten, Phylliten mit wechselndem Serizitgehalt und Tonschiefern, mitunter auch schwach metamorphen Sandsteinen zusammen. Eine genaue Alterseinstufung der Gesteine des Grundgebirges liegt bis jetzt noch nicht vor. Die bisherigen Bearbeiter sprachen ihnen ein präkambrisches bis jungpaläozoisches Alter zu.



Das Deckgebirge besteht aus einer Wechselfolge verschiedenartiger vulkanischer Ablagerungen und teils mariner, teils kontinentaler Sedimente von jurassischem bis tertiärem Alter.

Als jüngste Bildungen treten neben quartären Sedimenten die quartären Vulkane auf, die teilweise noch tätig sind. Etwas nördlich des Arbeitsgebietes in der Hochkordillere brach 1971 ein Vulkan aus, der durch seinen Aschenauswurf in der Gegend um Coihaique erheblichen Schaden anrichtete.

Außerdem treten Intrusionen granitischer bis granodioritischer Schmelzen auf. Sie sind äußerst variabler Ausbildung, wie die zahlreichen Geschiebe im Arbeitsgebiet zeigen. Innerhalb des Gebietes treten in der Gegend Pto. Cristal, südlich davon am Cerro Jeinemeni, am Lago Plomo und vor allem im Bereich des Cerro San Lorenzo kleinere Intrusionsareale zu Tage. Ihr Alter wurde bisher nur sehr ungenau als jurassisch bis tertiär angegeben.

Nicht selten finden sich - über das gesamte Gebiet verteilt - vulkanische Gänge. Sie sind nicht metamorph und finden sich außer im Grundgebirge auch in Deckgebirge und Graniten.

1.3 Frühere Bearbeitungen

Die geologische Erforschung des Gebietes um den siebenundvierzigsten Breitengrad nahm ihren Anfang in der Mitte des letzten Jahrhunderts. Die ersten systematischen Beobachtungen stammen von DARWIN (1878, S. 234ff.), der eine Reihe wertvoller Daten über den Bau der Kordillere lieferte. Er, wie einige weitere Forscher (STEFFEN 1904, NORDENSKJÖLD 1905), beschränkte sich auf die Beschreibung der jeweils angetroffenen Aufschlüsse in der Küstenregion. Erst von

QUENSEL (1911, 1914) wurden auch Vorstöße ins Landesinnere unternommen. Er lieferte die erste geologische Übersichtskarte des Gebietes von Kap Hoorn bis Pto. Montt. Das eigentliche Thema seiner Studien war die Petrographie der Plutonite und Vulkanite, daneben befaßte er sich aber auch mit dem kristallinen Grundgebirge.

Eine systematische Erkundung und geologische Aufnahme setzte erst vor ca. 35 Jahren ein. Wohl waren bis dahin einige Expeditionen in den Zentralteil der Kordillere unternommen worden (z.B. HICKEN - REICHERT 1921), jedoch wurde das Gebiet zwischen Lago General Carrera und Lago Cochrane nie intensiv untersucht. HEIM (1940) verfaßte als Teilnehmer einer Schweizer Expedition zum Monte San Valentín die erste genauere Beschreibung der Region um den Lago General Carrera. Neben den vulkanischen Gesteinen widmete er sich intensiv dem Grundgebirge. Genauere Bearbeitungen liegen aus der Umgebung von Pto. Cristal und des Río Delta vor. Um einen Anhaltspunkt für eine gezielte Erzlagerstättenprospektion zu bekommen, bearbeitete RUIZ (1946) neben anderem auch Gebiete am Lago General Carrera. Von argentinischer Seite beschäftigte sich BORELLO (1957) mit dem tektonischen Bau der Ostflanke der patagonischen Kordillere südlich des sechsundvierzigsten Breitengrades.

Fast alle diese Arbeiten sind unter dem Zeitdruck eines kurzen patagonischen Sommers entstanden; detaillierte Gesteinsbeschreibungen des Grundgebirges wurden fast nicht gemacht. Die petrographischen Angaben erschöpfen sich in der Aufzählung der vorkommenden Gesteine; Angaben über den tektonischen Bau beschränken sich auf gelegentliche Hinweise über die Streichrichtungen von Schieferungsflächen.

Mit der verstärkten Suche nach wirtschaftlich nutzbaren Lagerstätten nahm um das Jahr 1960 die geologische Erforschung einen neuen Aufschwung. Neben einer Reihe von Detailarbeiten im Bereich der Lagerstätten bei Pto. Cristal, Pto. Sánchez und Pto. Guadal wurden etliche großräumigere Arbeiten durchgeführt, so von KATZ (1962a), BOWES et al. (1962), LAHSEN & OYARZUN (1966) und PENNA (1967). LAHSEN (1967) lieferte die erste geologische Karte im Maßstab 1:250000, die mit Hilfe der Luftbilddauswertung durchgeführt wurde. Da die nötige Geländekontrolle häufig fehlte, ist sie in vielen Punkten revisionsbedürftig.

Alle diese Arbeiten beschränken sich auf das Gebiet des Lago General Carrera. Erst in den letzten Jahren wurden die Forschungen - hauptsächlich von staatlichen Stellen ("Instituto de Investigaciones Geológicas", "Departamento de Geología" der "Universidad de Chile" und "Universidad Austral de Chile") - weiter nach Süden ausgedehnt. MILLER (1973b) veröffentlichte eine erste kurze Notiz, die auch das Gebiet um den Lago Cochrane und Río Baker kurz behandelt, weitere Arbeiten liegen jedoch bis jetzt noch nicht vor.

1.4 Bergbau in der Region der Seen

Das Grundgebirge im Bereich der Seen General Carrera und Cochrane ist reich an kleineren und größeren Erzvorkommen, die zum Teil bereits längere Zeit abgebaut werden (Abb.: 3). Die wichtigsten liegen am Lago General Carrera; weiter im Süden finden sich kleinere Vererzungszonen, die aber, soweit sie heute bekannt sind, unter der Bauwürdigkeitsgrenze liegen.



LEGENDE

- Cu-Vorkommen
- ▲ Pb/Zn - "
- ◆ Mo - "

Abb. 3: Erzvorkommen im Arbeitsgebiet nach RUIZ (1965), LAUSEN (1967), PEREZ (1972b) und eigenen Beobachtungen.

Bis auf wenige Ausnahmen sind die Vererzungszonen als Gang- oder Kluftvererzungen oder als vererzte tektonische Brekzien ausgebildet. Dabei sind Kupferkies und Pyrit die Haupterzminerale; daneben kommen Bleiglanz, Zinkblende, Arsenkies und Covellin vor. Gangarten sind Quarz, Schwespat und Kalzit. Zu diesem Lagerstättentyp gehören "Mina Las Chivas" nördlich von Pto. Sánchez (zur Zeit wieder in Untersuchung, jedoch sind die Vorräte nahezu erschöpft) und "Mina Escondida" südlich von Pto. Guadal (nach einem probeweisen Abbau wurde der Betrieb wieder eingestellt).

Die "Mina Silva" oberhalb von Pto. Cristal liegt in der Nähe des Kontaktes zwischen Grundgebirge und einer Granit-intrusion in Marmoren. Hier treten dieselben Minerale wie in den anderen Lagerstätten auf, jedoch sind Bleiglanz und Zinkblende die Hauptminerale. Die Mine ist zur Zeit der größte chilenische Pb/Zn- Produzent, doch sind die Reserven so gering, daß der Abbau wohl in den nächsten Jahren eingestellt werden wird.

1.5 Problemstellung

Das Arbeitsgebiet liegt in einem Zwischenbereich zwischen der "Andengeosynklinale" im Norden und der "Magallanesgeosynklinale" im Süden. Das postvariszische Deckgebirge liegt nahezu unverfaltet, häufig nur in einzelne Blöcke zerlegt und verkippt, über dem intensiv tektonisch beanspruchten metamorphen Grundgebirge. Prämesozoische Orogenesen sollten daher hier besonders klar erkennbar und von den jüngeren tektonischen Prozessen unterscheidbar sein.

Da das Grundgebirge nur wenig, im Bereich des Lago Coch-rane noch überhaupt nicht bearbeitet wurde, sollte also
A. eine petrographische und tektonische Bestandsaufnahme des Grundgebirges gemacht,

- B. ein Gliederungsversuch des Grundgebirges unternommen,
- C. die Altersstellung der verschiedenen Faltungen geklärt werden.

Darauf aufbauend sollte versucht werden, die jüngere Tektonik zu klären; dabei stellten sich die Fragen:

- a) Was sind junge Strukturen, wie sind sie gekennzeichnet und wie verlaufen sie?
- b) Sind sie neu angelegt oder handelt es sich um wieder aufgelebte ältere Strukturen?
- c) Stehen die deutlich erkennbaren Großlineamente in Verbindung mit
 - der variszischen oder einer älteren Orogenese
 - der alpidischen Orogenese
 - dem in dieser Region auf den Kontinent treffenden Chile-Rücken?

1.6 Arbeitsmethoden

1.6.1 Feldarbeit

Zwischen Oktober 1972 und April 1973 wurde die Geländearbeit durchgeführt. Die Orientierung im Gelände erfolgte ausschließlich mit Luftbildern, da die topographischen Kartenunterlagen zu unzuverlässig sind. Es wurde versucht, das ganze Arbeitsgebiet mit einem Netz von tektonischen Meßbereichen zu überdecken; daß das nicht ganz gelang, liegt an den häufigen Zeiteinbußen, die durch Schwierigkeiten beim Ortswechsel hervorgerufen wurden.

Aus dem gesamten Arbeitsgebiet wurden ca. 200 Gesteinsproben entnommen. Mit einem Freiburger Gefügekompaß wurde in den ca. 330 Meßbereichen das Gefügeinventar aufgenommen; dabei wurde besonderer Wert auf Erkennen und Messen verschiedener Faltungsachsen und Kluftsysteme gelegt.

1.6.2 Auswertung

Von den entnommenen Gesteinsproben wurden ca. 170 Dünnschliffe angefertigt. Der An-Gehalt der Plagioklase wurde über die Messung der Auslöschungsschiefe nach CHUDOKA (1932) ermittelt.

Die Auswertung der tektonischen Meßdaten erfolgte in erster Linie mit Hilfe des Schmidt'schen Netzes. Es wurde zunächst jeder Meßbereich für sich dargestellt; soweit sinnvoll, wurden auch Sammeldiagramme angefertigt. Diese wurden mit einer von HAYDN (1971, S.58ff) vorgenommenen Weiterentwicklung eines Computerprogrammes zur elektronischen Datenverarbeitung in der Tektonik von KRÜCKEBERG (1968) erstellt.

Bei der Auswertung der gemessenen Faltenachsen stellte sich heraus, daß diese manchmal auf Kleinkreisen angeordnet sind. Da eine solche Anordnung fast immer die Folge einer jüngeren Faltungsphase ist, jedoch in vielen Fällen die ihr zugehörigen Faltenachsen nicht meßbar sind, mußten diese auf andere Weise ermittelt werden (siehe hierzu TISCHER 1962). Zu diesem Zweck wurden flächentreue Netzentwürfe erstellt, deren Achsen - im Gegensatz zum Schmidt'schen Netz - unterschiedliche Neigungswinkel aufweisen (TURNER & WEISS 1963, S.57).

Zur Gewinnung weiteren Datenmaterials wurden Luftbilder herangezogen. Vom gesamten Arbeitsgebiet existieren TRIMETROGON - Aufnahmen aus dem Jahre 1942 und außerdem von einem Teil Vertikal - Aufnahmen aus dem Projekt CHILAY, die in den letzten Jahren aufgenommen wurden. Diese Luftbilder wurden hauptsächlich zum Erkennen und Auswerten großräumiger Strukturen sowie zur Revision der vorhandenen geologischen Karten verwendet. Beide Aufnahmeverfahren sind mit

zum Teil nicht unerheblichen Fehlern behaftet, wobei eine genaue Korrektur nicht immer möglich war.

In den tektonischen Diagrammen werden für die verschiedenen Gefügeelemente Symbole verwendet, die dort nicht mehr eigens erklärt werden. Es sind dies:

×	(ss)	Pol einer Schichtfläche
∨	(sf _{var})	Pol einer variszischen Schieferungsfläche
Δ	(sf _{prävar})	Pol einer prävariszischen Schieferungsfläche
✦	(b _{postvar})	postvariszische Kleinfalten-Achse oder entsprechendes Linear
●	(b _{var} = b ₁)	variszische Kleinfalten-Achse oder entsprechendes Linear
○	(b' ⊥ b ₁)	variszische Querschnitts-Achse
■	(b _{prävar})	prävariszische Kleinfalten-Achse oder entsprechendes Linear
✦	(β)	Pol der Schnittlinien von Abkühlungsklüften in Vulkaniten
◆	(π)	Großkreis-Achse
⊙	(χ)	Kleinkreis-Achse
————		Großkreis
-----		Kleinkreis

Jede zweite Isolinie in den ausgezählten Diagrammen weist eine unterschiedliche Signatur auf; die Sequenz der Signaturen ist in allen Diagrammen gleich.

2. Petrographie des Grundgebirges

2.1 Formación Lago General Carrera

2.1.1 Begriffserklärung

Das Grundgebirge im Südteil der Provinz Aisén wurde von den bisherigen Bearbeitern als eine Wechselfolge von verschiedenen epizonal-metamorphen Schiefern beschrieben und mit den unterschiedlichsten Altersangaben belegt. Da Fossilfunde nicht bekannt sind und radiometrische Altersbestimmungen an Gesteinen des Grundgebirges nicht durchgeführt wurden, war eine genauere Altersdatierung bisher nicht möglich.

Es gelang erstmals in diesem Gebiet, sowohl petrographisch wie tektonisch eine Zweiteilung des Grundgebirges zu erkennen und systematisch durchzuführen. Es wurde eine ältere Einheit von einer jüngeren abgetrennt; für die ältere wird hier der Begriff "Formación Lago General Carrera" (= Lago General Carrera - Schichten), für die jüngere "Formación Lago Cochrane" (= Lago Cochrane - Schichten) eingeführt. Die Formación Lago General Carrera liegt im Norden des Arbeitsgebietes; sie umfaßt das gesamte Grundgebirge im Bereich des Lago General Carrera und setzt sich nach Süden fort bis zum Río Chacabuco. Dort verläuft die Grenze ungefähr in NE-SW- bis E-W- Richtung. Sie ist leider nicht genau festzulegen, da sie oftmals wegen jüngerer Überdeckungen nicht aufgeschlossen ist. Ihr Verlauf kann daher nur annähernd angegeben werden (Tafel 1, Anmerkung unten).

Anm.: Die auf Tafel 1 dargestellte geologische Karte des Arbeitsgebietes und seiner Umrahmung basiert neben den Erkenntnissen früherer Bearbeiter hauptsächlich auf eigenen Ergebnissen, die durch die Auswertung von Luftbildern gewonnen wurden. Da in den Hochlagen nahezu keine Geländekontrolle gemacht werden konnte, ist die Interpretation verschiedener Kartiereinheiten nicht zweifelsfrei.

2.1.2 Frühere Bearbeiter

Erstmalig erwähnt QUENSEL (1911) die Gegend von Pta. del Mármol. Er stellte die Marmore als eigene, mesozoische Einheit dem übrigen Grundgebirge gegenüber. Nach Erkundungen durch HEIM (1940), die Kenntnisse über Vererzungszoneen brachten, riß das Interesse für dieses Gebiet nicht mehr ab. HEIM widmete sich vor allem dem Gebiet um Pto. Cristal; neben einer kurzen petrographischen Beschreibung erwähnt er die weiträumige Einmuldung der die Lagerstätte beinhalten- den Gesteinsserie. RUIZ (1946), der den gesamten Bereich des Lago General Carrera bereiste, bearbeitete in größerem Umfang das Grundgebirge. Von der Südküste des Lago General Carrera bei Fachinal beschreibt er Metavulkanite im Grundgebirge.

Im Auftrag der "Empresa Nacional del Petroleo" befaßte sich KATZ (1962a) mit dem Tertiär südöstlich von Guadal. Dabei streifte er kurz auch das Grundgebirge, ohne aber eine detaillierte petrographische Beschreibung zu liefern.

Mit FLORES (1963) beginnt eine gezielte Suche nach Erzlagernstätten. Die bis dahin bekannten Vorkommen und ihre geologische Rahmen wurden näher untersucht, unbekannte Gebiete einer eingehenden Prospektion unterzogen. PENNA (1967) bearbeitete das Gesamtgebiet des Lago General Carrera, SOZA (1971, 1972) die Lagerstätten "Mina Silva" bzw. "Mina Escondida", FORTIN (1972) die Lagerstätte "Mina Las Chivas" und PEREZ (1972a, 1972b) den Sektor der "Mina Lago Negro" bzw. die Westseite des Lago General Carrera zwischen Pto. Murta und Río Delta.

Neben diesen durch wirtschaftliche Überlegungen ausgelösten Bearbeitungen ist das Gebiet in den letzten Jahren zunehmend zum Objekt wissenschaftlicher Forschungen geworden.

Das "Instituto de Investigaciones Geológicas" (I.I.G., das chilenische geologische Landesamt), dehnte sein Arbeitsfeld immer weiter nach Süden aus (ESPINOSA & STAMBUK 1971a, 1971b); eine Forschergruppe um HASEGAWA (HASEGAWA et al. 1971) bearbeitete ein Gebiet in der Nähe von Pto. Sánchez unter verschiedenen Aspekten.

Alle diese Arbeiten beinhalten kurze Darstellungen des geologischen Rahmens der Lagerstätten; eine genauere Untersuchung des Grundgebirges fehlt, großmaßstäbliche geologische Kartierungen und die Klärung des tektonischen Baues des Grundgebirges wurden nur zum Teil in Angriff genommen.

2.1.3 Eigene Beobachtungen

Die Formación Lago General Carrera setzt sich aus einer bunten Wechselfolge unterschiedlicher metamorpher Gesteine zusammen: in erster Linie aus Quarzphylliten, Grünschiefern, Marmoren, Serizitphylliten und Quarziten; untergeordnet treten auch Glimmerschiefer, Quarzmarmore und Serizit/Quarzit-Schiefer mit wechselndem Serizit/Quarz-Verhältnis auf.

2.1.3.1 Grünschiefer

Hauptsächlich im Zentralteil des aufgeschlossenen Teils der Formación Lago General Carrera finden sich Grünschieferzüge, die fast immer von Marmoren begleitet sind. Das südlichste Vorkommen befindet sich nördlich von Pto. Bertrand im Bereich einer sehr kräftigen Störungszone. Die Mächtigkeit übersteigt dort den m-Bereich nicht. In der Gegend von Pto. Guadal nehmen die Grünschiefer an Mächtigkeit stark zu; die einzelnen Lagen können bis zu 30 m mächtig werden, daneben aber finden sich auch sehr dünne Schichten, die mit

Marmoren, Quarziten, Quarzphylliten und Serizitphylliten wechsellagern. Diese Wechsellagerung findet sich wieder in der Gegend von Pto.Sánchez und vor allem bei Pto.Cristal. Die Mächtigkeiten können bis einige Zehner-Meter betragen. Der Anteil des Marmors ist jeweils relativ gering. In der Gegend von Pto.Tranquilo und Bahía Murta geht er noch weiter zurück, mit den Grünschiefern sind dort hauptsächlich Quarzphyllite und Serizitphyllite vergesellschaftet. Allgemein tritt eine engere Wechsellagerung auf. Die Übergänge zu den begleitenden Gesteinen sind fast überall scharf. Die Grünschiefer sind eng mit den sie begleitenden Gesteinen verfaltet. Dabei überwiegen Isoklinalfalten, die sowohl im Klein- wie auch im Großbereich auftreten können. Faltenlängen von mehreren Metern sind nicht selten.

Die Grünschiefer zeigen am frischen Stück dunkel- bis hellgrüne, selten auch fettig- bis türkisgrüne Farben. Sie wittern häufig schmutzigbraun an; Ursache dieser Färbung ist der Dolomitgehalt, der bisweilen in Form von dünnen Lagen oder linsenförmigen Körpern sichtbar hervortritt; die häufig gut ausgebildeten Klüfte sind manchmal mit Dolomit verheilt.

Das Gestein ist zum Teil massig, zum Teil auch plattig bis gut geschiefert. Die s-Flächen sind rau, häufig aber mit Glimmerschüppchen besetzt, die ihnen einen seidigen Glanz verleihen. Zuweilen zeigen sie fettiges Aussehen, das von erhöhten Epidotgehalten herrührt (Pto.Guadal, Pto.Sánchez). In die s-Flächen eingebettet finden sich manchmal Pyritkristalle, die eine Kantenlänge von einigen Millimetern erreichen (S von Pto.Tranquilo).

Unter dem Mikroskop:

Albit 20-30%	Epidot
Quarz 20%	Zirkon
Muskovit 10-20%	Titanit
Biotit 0-10%	Apatit
Klinozoisit 0-10%	Granat
Chlorit 10-30%	opake Erzminerale
Amphibol 0-10%	Pyrit
Chloritoid 0-10%	graphitische Substanz

Die Grünschiefer zeigen einen lagigen Aufbau. Eine Wechselagerung von Chlorit- und Glimmer-reichen Schichten mit Quarz- und Albit-reichen ist deutlich zu erkennen. In den Glimmer-reichen Einschaltungen finden sich häufig Chlorit, Epidot, Erz, Titanit und Amphibol, daneben auch Albit und Quarz.

HEIM (1940, S. 38) berichtet über das Auftreten von Biotit in Grünschiefern am Eingang zur Bahía Murta; nach eigenen Beobachtungen tritt Biotit dort nur in sehr geringem Umfang innerhalb der Chlorit-reichen Lagen auf. Nur bei Pto. Cristal findet er sich, zum Teil auch als Neuspaltung, in größerer Zahl neben barroisitischer Hornblende, Granat und Chloritoid. Amphibole und Epidot sind auf die Chlorit-reichen Lagen beschränkt. Teilweise kommt es in diesen Lagen zu bedeutenden Konzentrationen von Epidot, Erz oder Titanit, worauf sowohl ESPINOSA & STAMBUK (1971b, S.12), als auch FORTIN (1972, S. 10) hinweisen (Abb.4, Abb.5).

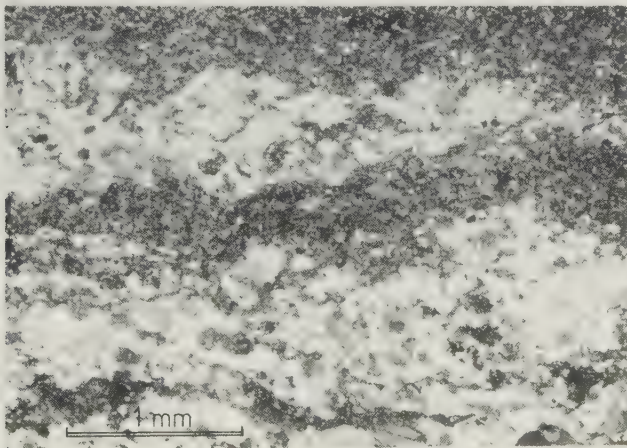


Abb.4: Wechsellagerung von Quarz/Albit/Kalk- und Chlorit/Epidot-Lagen. Grünschiefer. Ca.2 km S von Pto.Tranquilo. Nicols 70°.

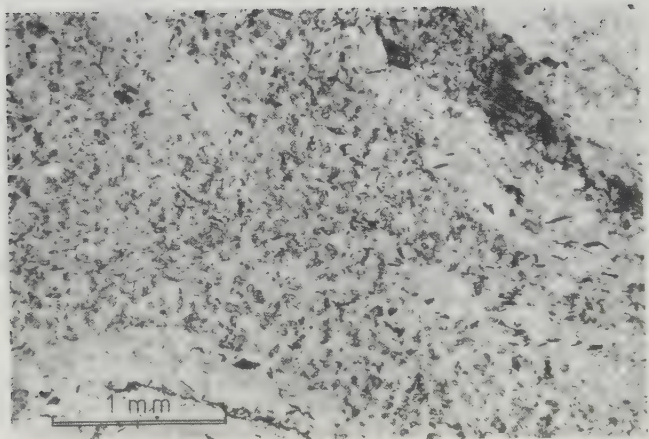


Abb.5: Titanitanreicherung in einer Chlorit-reichen Lage. Grünschiefer. Ca.1,5 km S von Pto.Guadal. Ohne Analysator.

Die Amphibole sind meist farblos; häufig sind sie tektonisch beansprucht und verbogen. Epidot findet sich häufig in Form kleiner Körnchen; es treten aber auch größere, zonar gebaute Individuen, selten sogar Zwillinge auf. Chlorit kommt in zwei Varietäten vor: relativ selten ist der Fe-Mg-Chlorit; häufiger ist ein Mg-Fe-Chlorit, der oft als synkinematische Neuspaltung rosettenförmige Aggregate bildet. Die Quarz-Albit-Lagen zeigen ein ausgeprägtes Pflastergefüge, die Quarze löschen aufgrund tektonischer Beanspruchung undulös aus. Die Albite sind zum Teil serizitisiert; mitunter findet sich auf ihren Spaltrissen Karbonat. Das Auftreten von Klinozoisit beschränkt sich auf die südlichen Gebiete der Formación Lago General Carrera. Klüfte sind in den Grünschiefern selten; soweit sie vorkommen, sind sie mit Karbonat oder Chlorit verheilt.

Die Grünschiefer sind deutlich geschiefert; sie weisen eine intensive Feinfältelung auf; eine zweite Schieferung ist nicht nachweisbar.

2.1.3.2 Marmore

Die Marmore finden sich fast immer vergesellschaftet mit Grünschiefern und Phylliten, seltener auch mit Quarziten und Quarzphylliten. Mitunter treten Graphit-reiche Partien als Begleiter auf, so zum Beispiel in der Gegend von Pto. Guadal.

Ihr Hauptverbreitungsgebiet haben die Marmore in einem Gelandestreifen, der sich von Pto. Guadal über das Westufer des Lago General Carrera, Pta. del Mármol, Islas Malvinas und Pto. Sánchez bis nördlich von Pto. Cristal hinzieht. Die zentralen Teile dieses Bereiches, also das Gebiet um die Pta. del Mármol, bestehen überwiegend aus Marmor. ESPINOSA & STAMBUK (1971a, S. 9) geben für diesen Bereich einen CaCO_3 -Gehalt von 94% an; diese Angabe scheint bei Berücksichtigung der vielen, wenn auch geringmächtigen Einlagerungen von Serizitphylliten, Quarzmarmoren und Grünschiefern etwas zu hoch gegriffen. Im Gebiet von Pta. del Mármol zeigen sich interessante Erosionserscheinungen an den Marmoren. Die wohl bedeutendste ist die Capilla del Mármol, eine aus Marmor bestehende Insel (HEIM 1940, Lam. V/2); der Marmor ist im Spritzwasserbereich der Brandung zum größten Teil weggelöst, nur einige Pfeiler sind erhalten, auf denen die höhergelegenen Teile ruhen. Ähnliche Erscheinungen sind im gesamten Bereich der Pta. del Mármol und der Islas Malvinas zu beobachten (Abb. 6)

Die Mächtigkeiten der Marmore nehmen von Süden nach Norden zu; bei Pto. Guadal findet sich Marmor meist nur als geringmächtige Einlagerung zwischen Grünschiefern und Quarzphylliten, bei Pto. Cristal jedoch erreicht er eine Mächtigkeit von über 100 m; in diesem Schichtpaket befinden sich die Pb/Zn-Lagerstätte "Mina Silva" sowie einige kleinere Erzvorkommen. Von einem kleinen Marmorvorkommen am Río

Chacabuco nördlich des Lago Gutiérrez berichtet NIEMEYER (frdl. mdl. Mitt.).

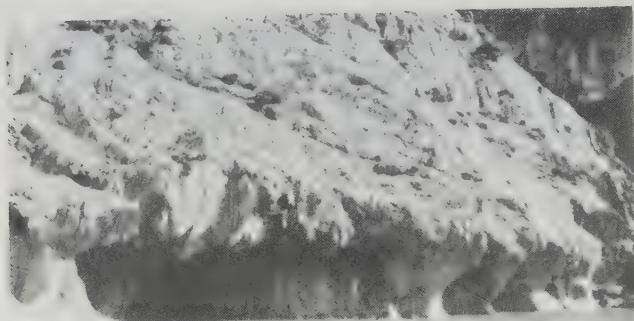


Abb.6: Im Brandungsbereich entstandene Erosionsformen an Marmoren. Pta.del Mármol.

Die Grenzen zwischen Marmor und umgebenden Gesteinen sind fast immer scharf. Die Marmore sind meist mit ihren Begleitgesteinen isoklinal verfaltet. Besonders im Gebiet Pta.del Mármol - Islas Malvinas finden sich Großfalten im Zehner-Meter-Bereich, die E- bis SE-Vergenz zeigen. Nördlich der Lagerstätte "Mina Silva" sind Marmore und sie begleitende Gesteine in eine weite, SE-vergente Mulde eingefaltet (HEIM 1940, S. 35, 38).

Im Kleinbereich zeigt der Marmor weiße, mitunter auch - je nach Menge der Verunreinigungen - dunklere bis sogar schwarze Farbtöne. Die angewitterten Stücke sind von gelber bis rötlicher Farbe, die vom relativ hohen Eisengehalt herührt. Teilweise ist der Marmor massig und grobspätig,

teilweise im cm- bis dm-Bereich gebankt, teils auch gut geschiefert. Häufig, besonders im Bereich von Störungen, sind tektonische Brekzien ausgebildet, die nachträglich wieder mit Kalzit verheilt sind. Als Komponenten finden sich in diesen Brekzien neben bereits gefalteten Serizitmarmoren auch Hornsteinbrocken; diese Hornsteine dürften aus kieselsäurereichen Bänkchen, die besonders im Bereich der Islas Malvinas gefunden wurden, stammen. Neben diesen Brekzien finden sich auch reine Marmorbrekzien.

Die Marmore, besonders die reinen Partien, reagieren sehr empfindlich auf tektonische Beanspruchungen (vgl. S.58). Intensive Kleinfaltung ist häufig festzustellen (Abb.7); da jedoch auch an relativ unbedeutenden Verwerfungen ausgeprägte Schleppfalten angelegt werden, ist nur im Bereich deutlicher Wechsellagerung mit anderen Gesteinen die Faltenlage für den Verformungsplan signifikant.

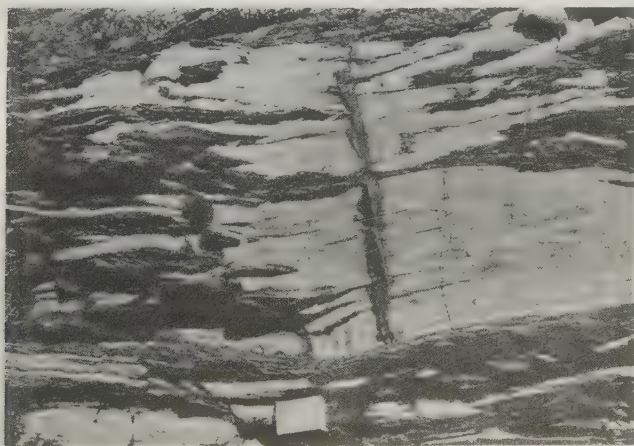


Abb.7: Isoklinalfalten in Marmoren; Schichtung nur mehr im Kleinbereich zu erkennen; Kluft mit Fe-haltigen Lösungen verheilt. Wechsellagerung Marmor/Serizitphylit. Bucht zwischen Pta.del Mármol und Pta.León. Maßstab Streichholzschachtel.

Unter dem Mikroskop:

Karbonat bis 90%
Chlorit 10%
Quarz bis 10%
Hellglimmer bis 5%
Klinozoisit 5%

graphitische Substanz
opake Erzminerale
Albit

Die Marmorserien zeigen eine Wechsellagerung mächtiger Karbonatbänke, in die zum Teil Albit oder Quarz eingestreut ist, mit Lagen, die vorzugsweise aus Chlorit, Erz und graphitischer Substanz bestehen. Zwischen die Quarzkörner ($\varnothing$ 0,5 mm) sind häufig Hellglimmerschuppen eingeschaltet, die mehr oder weniger in s eingeregelt sind. Daneben treten auch synkinematische Muskovite auf, die eine Einregelung vermissen lassen. Als Chlorit tritt ausschließlich die Mg-Fe-Varietät auf, die anomale, lederbraune Interferenzfarben zeigt. Die Albite sind häufig verzwillingt. Als Kluftfüllung tritt neben Karbonat auch Quarz auf; sie zeigt ein Pflaster von gut ineinander verzahnten Quarzkörnern; aufgrund ihrer normalen Auslöschung ist eine starke tektonische Beanspruchung auszuschließen.

Aus dem Kontaktbereich zwischen Marmor und Granit am Cabo Negro beschreibt HEIM (1940, S. 37) Epidot und Aktinolith als Kluftfüllung; daneben finden sich an Klüften auch Kupferkies und Magnetkies angereichert.

Im Schlift sind die einzelnen Lagen des Marmors nur schwach gefältelt, eine zweite Schieferung zeigt sich nur undeutlich.

2.1.3.3 Quarzmarmor

Im Bereich der Islas Malvinas finden sich innerhalb der Marmore Partien von geringer Mächtigkeit (bis 10 cm), in denen der Quarzgehalt stark zunimmt. Dieser Quarzmarmor ist von hellgrauer bis weißer Farbe; die angewitterten Oberflächen erscheinen mittelgrau bis bräunlich. Fast immer hat das Gestein einen schichtigen Aufbau und zeigt auf den Schichtflächen Serizitanreicherungen. Glimmer-reiche Partien sind häufig geschiefert; diese Schichten sind im cm-Bereich in Falten gelegt.

Unter dem Mikroskop:

Karbonat bis 60%	Apatit
Quarz bis 30%	Granat
Hellglimmer 10%	opake Erzminerale
graphitische Substanz 10%	
Biotit 0-10%	

Die Quarzmarmore zeigen ein Pflastergefüge, das aus Quarz und Karbonat besteht. Die Glimmer sind häufig verbogen und lassen keine bevorzugte Einregelungsrichtung erkennen. Auch Klüfte sind mit graphitischer Substanz überzogen, meistens aber mit Karbonat verheilt. Der schichtige Aufbau ist nur aufgrund der lagigen Anreicherung graphitischer Substanz erkennbar.

2.1.3.4 Quarzphyllit

Im gesamten Arbeitsgebiet treten Quarzphyllite auf. Ihr Erscheinungsbild variiert ziemlich stark. Besonders im nördlichen Teil der Formación Lago General Carrera überwiegt eine feinschichtige, zum Teil sehr serizitreiche Ausbildung. Am Gesteinsaufbau der Bahía Murta sowie bei Pto. Cristal und Mallín Grande ist sie in großem Maße beteiligt. Auch im Westen des Arbeitsgebietes tritt diese Varietät auf, jedoch macht sie nach Süden zu, in der Gegend von Pto. Guadal, Desague und Pto. Bertrand, oft einer anderen Spielart Platz. Die dort vorkommenden Quarzphyllite zeigen ein massiges Aussehen und führen häufig etwa walnußgroße Quarzeinschaltungen. Morphologisch heben sie sich deutlich durch ihre steilen Abbrüche von den sie umgebenden Gesteinen ab. Die Quarzphyllite erreichen unter Umständen beträchtliche Mächtigkeiten; einzelne Bänke können bis zu 50 m stark werden. Sie wechseln oft mit Quarziten, Grünschiefern, Marmoren und Serizitphylliten ab. Die Übergänge sind häufig verschwommen, klare Grenzen sind nur zu den Marmoren ausgebildet. Großfalten sind selten festzustellen. Die Färbung der Quarzphyllite variiert von hellgrau über blaugrau bis fast schwarz; selten sind grünliche Partien.

Das Gestein ist gebankt bis gebändert, aber auch feinschichtig und ausgeprägt geschiefert. Auf den s-Flächen finden sich oft Hellglimmer angereichert, die dem Gestein eine gute Teilbarkeit verleihen.

Fast immer finden sich Einlagerungen wie cm-starke Quarzlagen, Karbonatlagen und vor allem Quarzausschwitzungen. Südlich von Pto.Guadal treten neben hellen, geröllähnlichen Quarzeinschaltungen, die Durchmesser von wenigen cm erreichen können, auch bis zu handtellergröße Quarzflatschen auf. Nördlich des Río Chacabuco zeichnen Quarzausschwitzungen deutlich die s-Flächen nach (Abb.8).



Abb.8: Vergente Falten, die durch Quarzeinlagerung deutlich hervortreten. Quarzphyllit. Klamm am Río Chacabuco.

Die Quarzphyllite sind stark tektonisch verformt. Sie zeigen eine ausgezeichnete Schieferung und im cm- bis dm- Bereich gut ausgebildete Isoklinalfalten. Neben dieser Faltung, die im Meterbereich in eine sanftere Wellung übergeht, findet sich auch, besonders in den quarzreicheren Partien, eine ausgeprägte Querschiebung, die dem Gestein zuweilen ein wellblechartiges Aussehen verleiht.

Unter dem Mikroskop:

Quarz 50-70%	Turmalin
Karbonat bis 30%	Granat
Muskovit + Serizit bis 20%	Titanit
Albit bis 20%	Zirkon
Chlorit 15%	Orthit
Amphibol bis 10%	Epidot
Biotit 0-5%	Klinozoisit
	graphitische Substanz
	opake Erzminerale

Ähnlich den übrigen Gesteinen der Formación Lago General Carrera lassen auch die Quarzphyllite unter dem Mikroskop eine Wechsellagerung erkennen, in der sich Quarz/Feldspat/Karbonat-Lagen mit feinkörnigen Chlorit- und Serizit-Lagen abwechseln. Die serizitfreien Lagen haben ein metaklastisches Gefüge, zum Teil auch ein Quarzpflaster. Albite sind oft als Gerölle eingelagert; sie sind gut abgerollt, randlich korrodiert, zum Teil auch saussuritisiert; daneben finden sich manchmal deformierte Individuen. Die glimmerreichen Lagen bestehen aus synkinematisch gesprossenen Hellglimmern, feinschuppigem Biotit und zum größten Teil aus Chlorit. Häufig tritt Mg-Fe-Chlorit auf; es findet sich aber auch die Fe-Mg-Varietät. Mit diesem Chlorit ist manchmal in bedeutenden Mengen Titanit vergesellschaftet, der in Form kleiner, idiomorpher Kristalle innerhalb der Chloritlagen angereichert ist. Entlang der s-Flächen tritt in den nördlichen Bereichen oft Granat in Form von hypidiomorphen Porphyroblasten auf, die ein gedrehtes Interngefüge erkennen lassen.

Im Bereich von Pto. Cristal finden sich besonders Amphibol, Granat und Biotit. Daneben kommt es zu Neusprossungen von Glimmern, welche regellos durch das Gefüge wachsen; sie verdanken ihre Entstehung der lokalen Aufheizung durch eine Granitintrusion. Die Quarz/Feldspat-Lagen sind deutlich verkittet und lassen das ehemalige sedimentäre Gefüge nur mehr schwer erkennen. RUIZ (1946, S. 20f) beschreibt in höher metamorphen Quarzphylliten und Gneisen neben Quarz, Ka-

lifeldspat (größtenteils als Mikroperthit ausgebildet), Chlorit, Serizit und organischem Material auch Biotit, Andalusit, Granat, Vesuvian, Turmalin und Magnetit.

Die selten auftretenden Klüfte sind fast immer mit Karbonat verheilt. Die Gesteine zeigen eine deutliche Schieferung subparallel zur Schichtung. Sie sind intensiv feingefältelt und durch eine teilweise ausgeprägte zweite Schieferung zerschert.

2.1.3.5 Quarzite und Quarzitschiefer

Relativ selten kommen in dieser Serie Quarzite vor. Sie finden sich in geringer Mächtigkeit im Bereich der Bahía Murta, an der Westseite des Lago General Carrera und an der Ostseite der Bucht von Guadal. Quarzitzüge treten nur auf der Ostseite des Lago Bertrand deutlich hervor; dort erreichen sie eine Mächtigkeit von einigen Zehner-Metern. Als Begleitgesteine finden sich fast nur Quarzphyllite. Die Quarzite gehen fließend in Quarzphyllite oder Serizitphyllite über. Sie machen die gleiche Faltung wie diese mit.

Fast ausnahmslos herrschen hell- bis mittelgraue Farbtöne vor, angewitterte Teile sind graugrün. Selten sind massige Partien, im allgemeinen sind die Quarzite mm-plattig bis sogar feinschichtig ausgebildet; bei den feinschichtigen Varietäten sind die s-Flächen mit einem leicht ritzbaren Überzug von Hellglimmern versehen. Manchmal (z.B. bei Pto. Tranquilo) sind in diese Gesteine dünne Quarzbänder eingelagert.

Die Quarzite sind im Kleinbereich häufig stark gefaltet; im cm- bis dm-Bereich überwiegen Isoklinalfalten. Die Fältelung im Kleinbereich kann sogar soweit gehen, daß die Falten nur noch als Quarzstengel ausgebildet sind. Diese Stengel sind dann deutlich herauspräpariert. Dieselbe Erscheinung wurde, wenn auch seltener, in den Quarzphylliten beobachtet. Besonders häufig sind die Quarzstengel im Bereich von Pto. Guadal und Desague.

Unter dem Mikroskop:

Quarz 60-80%
Karbonat bis 20%
Muskovit 15%
Chlorit bis 10%
Biotit 0-10%
Albit 5%
Kalifeldspat 5%
Klinozoisit 5%
Amphibol bis 5%

Turmalin
Apatit
Granat
Zirkon
Epidot
Xenotim
Orthit
Titanit
graphitische Substanz
opake Erzminerale

Die makroskopisch massig aussehenden Quarzite zeigen unter dem Mikroskop häufig eine Wechsellagerung glimmerarmer und glimmerreicherer Lagen. Die glimmerarmen Lagen weisen meta-klastisches Gefüge auf, das häufig stark rekristallisiert ist. Die einzelnen Körner sind zu einem Pflastergefüge verzahnt. Neben größeren Quarzen treten auch serizitisierte Feldspäte als Gerölle auf. An den s-Flächen sind vornehmlich Neubildungen von Chlorit, Serizit und graphitischer Substanz, seltener, besonders im Norden, auch Epidot, Klinozoisit, Amphibol und Granat eingelagert. Die Granate sind teilweise zersetzt, die Amphibole immer spindelförmig ausgebildet. Bei den Chloriten überwiegt die Mg-Fe-Varietät; nur selten treten Fe-Mg-Chlorite auf. Karbonat kommt teils als Geröllkomponente, teils auch als jüngere Kluftfüllung vor. Mitunter sind in die metaklastischen Lagen hypidiomorphe Pyritkristalle eingelagert. Auffallend ist in manchen Proben ein sehr deutlicher Titanitgehalt.

Die Quarzite zeigen eine gute Einregelung entlang der Schichtflächen. Sie sind intensiv feingefältelt, eine zweite Schieferung ist jedoch nur andeutungsweise ausgebildet.

2.1.3.6 Serizitphyllit

Vornehmlich mit Marmor vergesellschaftet, jedoch auch in Wechsellagerung mit Grünschiefer und Quarziten finden sich geringmächtige Einlagerungen von Serizitphylliten. Ihr Vorkommen beschränkt sich auf die Gebiete, in denen Marmore vorkommen, also auf einen Gebietsstreifen, der sich von Pto. Guadal bis nach Pto. Cristal erstreckt. Neben diesen Lokalitäten treten ähnliche Serizitphyllite nur am Río Baker zwischen den Einmündungen von Río Nef und Río Chacabuco auf. Die Mächtigkeiten sind meist gering. Bei Pto. Guadal finden

sich dm-mächtige Lagen als Begleiter von Grünschiefern und Marmoren, andernorts steigt die Schichtmächtigkeit bis in den m-Bereich. Die Übergänge zu den angrenzenden Gesteinen sind zum Teil fließend (Quarzite und Quarzphyllite) oder sehr scharf (Grünschiefer und Marmore). Im Kleinbereich überwiegt eine intensive, scharfgratige Faltung, während im Großbereich meist Isoklinalfalten anzutreffen sind. Das Gestein weist hellgraue bis schwarze Farben auf. Die schwarzen Anteile sind sehr feinblättrig und zeigen Ähnlichkeit mit Tonschiefern. Ein ziemlich hoher Gehalt an graphitischer Substanz läßt das Gestein zu einer schmierigen Masse verwittern. Die graphitärmeren Partien sind zum Teil gebändert, aber auch dünnplattig bis feinstschichtig. Auf den s-Flächen sind immer größere Mengen von Hellglimmern angereichert, die dem Gestein seine gute Teilbarkeit verleihen. Als Einschaltungen finden sich Quarzlagen, die in Form von flächigen Ausschwitzungen ausgebildet sein können. Eine intensive tektonische Beanspruchung ist noch im mm-Bereich nachzuweisen; neben Feinfälteung und erster Schieferung ist die Anlage einer zweiten Schieferung zu erkennen (Abb.9).

Unter dem Mikroskop:

Quarz 30-60%
Serizit 40-70%
Kalifeldspat bis 15%
Albit ca.5%

Turmalin
Epidot
Zirkon
graphitische Substanz
opake Erzminerale

Die Serizitphyllite bestehen aus einer Wechsellagerung serizitreicher und nahezu serizitfreier Quarz/Feldspat-Lagen. Die serizitreichen Lagen sind bedeutend mächtiger. In ihnen ist Epidot, Zirkon und graphitische Substanz angereichert. Die Zirkone sind teilweise idiomorph ausgebildet; ferner finden sich verbogene, präkinematisch gewachsene Hellglimmer und posttektonisch gesproßte Muskovite, die nicht eingeregelt sind.

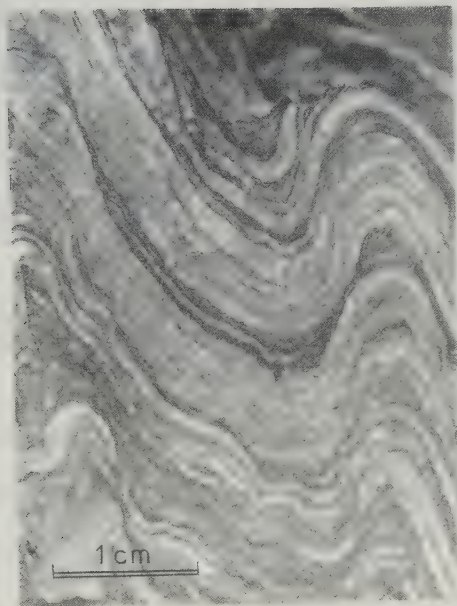


Abb.9: Feingefalteter Serizitphyllit mit beginnender zweiter Schieferung. Ca.5 km E Pto.Guadal.

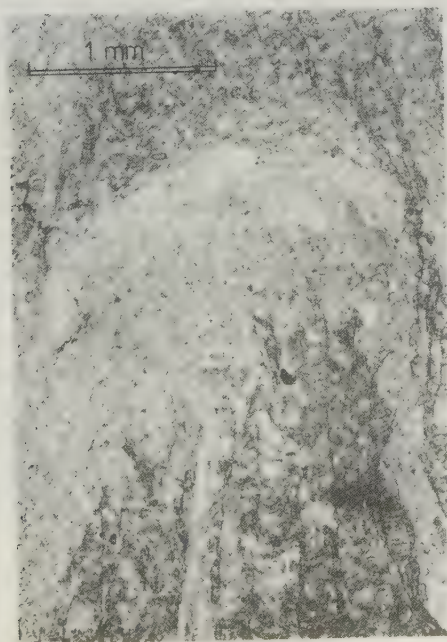


Abb.10: Beginnende zweite Schieferung in feingefaltetem Serizitphyllit. Río Baker. Ca.6 km E Río Nef. Nicols 45°.

Die Quarz/Feldspat-Lagen zeigen ein metaklastisches Gefüge, in dem neben Quarz Kalifeldspat als Geröll vorkommt. Die Kalifeldspäte sind randlich korrodiert und serizitisiert.

Die Serizitphyllite zeigen eine deutliche Einregelung der Glimmer entlang der Schieferungsflächen. Sie sind intensiv feingefältelt und die beginnende zweite Schieferung ist auch unter dem Mikroskop deutlich zu sehen (Abb.10).

2.1.3.7 Serizitquarzitschiefer

Unter diesem Sammelbegriff werden alle diejenigen Gesteine zusammengefaßt, deren Quarz/Serizit-Anteil ungefähr gleich ist und die einen deutlich erkennbaren schichtigen Aufbau besitzen. Sie treten oft als Begleiter und Übergangsglieder der Quarzphyllite, Serizitphyllite und Quarzite auf. Ihre Verbreitung beschränkt sich mit wenigen Ausnahmen auf den Südwestteil der Formación Lago General Carrera. Ihre Mächtigkeit ist gering, sie erreicht maximal einige Meter. Zuweilen treten die Serizitquarzitschiefer mit Grünschiefern auf, von denen sie sich scharf abgrenzen lassen, während zu den anderen Begleitgesteinen fließende Übergänge vorherrschen. Wie ihre Begleiter, so sind auch sie im dm-Bereich gefaltet und bilden im Großbereich Isoklinalfalten.

Bei dieser Gesteinsserie überwiegen am frischen Handstück graue Farbtöne, teilweise finden sich auch rotbraune Farben. Die Gesteine zeigen immer gute Teilbarkeit entlang der s-Flächen, auf denen Serizit und Chlorit angereichert sind. Die Schichtung variiert zwischen mm-plattig und feinstschichtig. Sehr oft finden sich mannigfache Einschaltungen wie Marmorlagen und dm-große Quarzphyllitlinsen (in der Nähe von Pto.Guadal) oder Pyritknollen (bei Desague und Pto.Cristal). Quarzreichere Partien sind manchmal stark zerklüftet, wobei die Klüfte - zumindest teilweise - mit Quarz wieder verheilt sind.

Wie die übrigen Gesteine der Formación Lago General Carrera sind auch sie stark tektonisch beansprucht worden. Neben einer Feinfältelung im Kleinbereich treten im Großbereich sanfte und grobe Wellungen und unter Umständen ausgeprägte Quersfaltungen auf.

Unter dem Mikroskop:

Quarz 40-60%	Epidot
Serizit 40-60%	Apatit
Karbonat bis 30%	Granat
Kalifeldspat ca. 10%	opake Erzminerale
Albit ca. 10%	Turmalin
Amphibol bis 5%	Zirkon
Klinozoisit 5%	graphitische Substanz
	Biotit

Die Serizitquarzitschiefer weisen eine deutliche Wechsellaagerung von Serizit/Chlorit- und Quarz/Feldspat-Schichten auf. In den serizitreichen Lagen, die eine gute Einregelung erkennen lassen, finden sich zum Teil in erheblichem Maße Epidot, Chlorit und Biotit; der Biotit ist stark umgewandelt in Fe-Mg-Chlorit. Es tritt barroisitische Hornblende auf, die mit zum Teil beträchtlichen Mengen von Klinozoisit und Chlorit Lagen bildet. Des weiteren finden sich in diesen Schichten präkinematisch gesproßte, nachträglich verbogene Hellglimmer. In den Quarz/Feldspat-Lagen zeigen sich häufig alte, serizitisierte Kalifeldspäte; daneben tritt - selten in großem Ausmaß - Karbonat auf. Ebenfalls in diesen Lagen finden sich Aggregate feiner Schüppchen, die anscheinend aus Serizit bestehen. Das Vorkommen von Biotit beschränkt sich auf die nördlichen Teile der Formación Lago General Carrera. Bedeutsam sind die zum Teil hohen Epidot- und Erzgehalte.

Die serizitreichen Lagen sind eng feingefältelt und weisen eine starke Erzführung auf. Eine zweite Schieferung ist oft sehr deutlich ausgebildet. Neugesproßte Muskovit tafeln zeichnen diese Schieferungsrichtung nach.

2.1.3.8 Graphitschiefer

Im Bereich der Hafemole von Pto. Guadal findet sich als geringmächtige Einlagerung in einer Wechselfolge von Marmor, Grünschiefer und Serizitphyllit ein schwarzer, speckig

glänzender Graphitschiefer. Er zeigt zum Serizitphyllit einen kontinuierlichen Übergang, während er zu den anderen Gesteinen scharf abgegrenzt ist. Als konkordantes Schichtglied macht er die Großfaltung des Schichtverbandes mit. Dieser Graphitschiefer zeigt im Regelfall einen schichtigen Aufbau, wobei die einzelnen Bänke etwa 1 cm dick sind. Die Schichtflächen sind uneben, der fettige Überzug weist mitunter Strömungen auf. Kalzit findet sich in dünnsten Einschaltungen oder als Kluftfüllung. Das Gestein zerfällt bei der Verwitterung in etwa handtellergrösse, unregelmäßig begrenzte Brocken.

Unter dem Mikroskop:

Quarz 20-30%	Turmalin
Serizit und Muskovit 25%	opake Erzminerale
graphitische Substanz 10-20%	Zirkon
Chlorit 15%	
Albit 10%	
Karbonat 5-10%	
Kalifeldspat 5%	

Der lagige Aufbau zeigt sich auch im Dünnschliff wieder. Es wechseln sich feinkörnige Quarz/Feldspat-Lagen mit Muskovit/Serizit-reichen Lagen ab. Auf den s-Flächen finden sich deutliche Anreicherungen von graphitischer Substanz, die die schwarze Farbe bedingen. Die Quarz/Feldspat-Lagen zeigen oft ein Pflastergefüge; neben die Quarze, die undulös auslösen, treten häufig Albite, die nach dem Karlsbader-Gesetz verzwillingt sind. Selten treten serizitisierete Feldspäte auf. Innerhalb der glimmerreichen Lagen sind präkinematische Hellglimmer und synkinematisch gesproßte Muskovite zu unterscheiden. Vorzugsweise in den Glimmerlagen, vereinzelt auch im Quarz/Feldspat-Gefüge finden sich Chlorite. Neben Mg-Fe-Chlorit, der rosettenartige Aggregate bildet, tritt vereinzelt auch die Fe-Mg-Varietät auf.

Die einzelnen Komponenten dieses Gesteins zeigen eine deutliche Schieferung und Feinfältelung; durch eine starke Beanspruchung sind sie zerschert. Diese Zerschörung zeigt keine einheitliche Richtung. Aufgrund der starken Beanspruchung treten viele Klüfte auf; sie sind teils mit Quarz, teils mit Karbonat, unter Umständen auch mit Chlorit verheilt. Dabei zeigt sich, daß die Karbonatfüllung am spätesten gebildet wurde.

2.2 Formación Lago Cochrane

2.2.1 Begriffserklärung

Wie schon oben erwähnt, schließt südlich an die Formación Lago General Carrera die Formación Lago Cochrane an. Der Name wurde gewählt, weil sie vornehmlich im Bereich des Lago Cochrane, des Río Cochrane und des Ortes Cochrane verbreitet ist. Im Osten wird ihr Auftreten begrenzt von den jüngeren Gesteinen im Bereich der subandinen Randflexur. Nach Süden setzt sie sich fort zum Unterlauf des Río Baker und wahrscheinlich bis zum Lago O'Higgins.

2.2.2 Frühere Bearbeiter

Über das Gebiet der Formación Lago Cochrane liegen bisher nur sehr wenige Angaben vor. Die ersten Beobachtungen machte STEFFEN (1904, 1906), der vom Unterlauf des Río Baker und dem Gebiet des Baker-Fjordes kristalline Schiefer beschreibt. Einige **Bearbeiter**, z.B. NORDENSKJÖLD (1905) dehnten ihre Beobachtungen weiter nach Norden aus, jedoch wurde erst durch QUENSEL (1910, 1911, 1914) die genauere Erforschung dieser Gegend eingeleitet. Als erster erstellte er eine geologische Karte des Gebietes zwischen Kap Hoorn und Pto. Montt, die jedoch an vielen Stellen der Korrektur bedarf. Vom Unterlauf des Río Baker beschreibt er durch Regionalmetamorphose veränderte, stark gefaltete Sedimentlagen von wahrscheinlich paläozoischem Alter. Abgesehen von einigen Expeditionen (REICHERT 1923/24) wurde keine Forschungstätigkeit mehr durchgeführt.

Erst 1963 wurden neue Ansätze zur Erforschung des Gebietes gemacht. JOUBIN & VELTHEIM (1963) berichten über Quarzite oder Sandsteine, Tuffite und Glimmerschiefer vom Unterlauf des Río Baker. Zur gleichen Zeit bearbeiteten SERRANO &

MORAGA (1963) die Gegend um den Lago O'Higgins, wo Schiefer, Phyllite und Quarzite auftreten, die ein großes Gebiet einnehmen.

2.2.3 Eigene Beobachtungen

Im Gegensatz zur Formación Lago General Carrera erweist sich die Formación Lago Cochrane als monotone Abfolge von Metasedimenten. Zum Teil sehr mächtige Quarzite wechseln sich ab mit Quarzphylliten, Serizitphylliten, Serizitquarzitschiefern und Tonschiefern. Selten finden sich Sandsteine und Konglomerate. Marmore und Grünschiefer, die so häufig innerhalb der Formación Lago General Carrera zu finden sind, fehlen hier völlig.

2.2.3.1 Quarzphyllit

Im gesamten Arbeitsgebiet treten Quarzphyllite in Form von geringmächtigen Einlagerungen auf. Ihre Mächtigkeit schwankt zwischen 1 m und 10 m. Besonders häufig sind diese Gesteine in einem Gebietsstreifen, der sich vom Lago Chacabuco über Cochrane zum Valle Chacabuco erstreckt. Daneben finden sie sich am Ostende des Lago Cochrane und nördlich des Lago Gutiérrez. Als Begleitgesteine haben sie Serizitphyllite, Serizitquarzitschiefer und Quarzite. Die Übergänge sind fließend, scharfe Grenzen treten nie auf. Im Großbereich sind sie gefaltet und bilden häufig liegende Isoklinalfalten.

Die Quarzphyllite haben meist hellgraue, seltener dunkelgraue bis schwarze Farben. In angewitterten Stücken überwiegen grau-grüne Farbtöne. Das Gestein ist meist dünnblättrig, selten massig ausgebildet. Auf den Schieferungsflächen sind große Mengen von Hellglimmern angereichert, die dem Gestein eine gute Teilbarkeit verleihen. Die Faltung im Kleinbereich ist teils schwach ausgeprägt, teils - besonders im

cm-Bereich - äußerst intensiv. In Form einer Zerschierung im cm-Bereich ist eine beginnende Schieferung ausgebildet. Entgegen den Quarzphylliten der Formación Lago General Carrera treten hier selten kompakte Quarzeinlagerungen auf. Häufiger sind Quarzlagen, die eine Mächtigkeit von einigen cm erreichen können. Kompakte Quarzausschwitzungen, die zum Teil handtellergrößer werden können, finden sich nur am Río del Salto, Asentamiento Valle Chacabuco und Lago Gutiérrez.

Aufgrund des hohen Serizitgehaltes reagieren die Quarzphyllite leicht auf tektonische Beanspruchungen in Form von Faltung. Daher sind Klüfte relativ selten ausgebildet. Am Río Baker treten Klüfte auf, die nachträglich mit Quarz verheilt sind.

Unter dem Mikroskop:

Quarz 50-70%	Turmalin
Serizit 20-40%	Epidot
Karbonat bis 15%	Zirkon
Albit 5%	graphitische Substanz
Chlorit 5%	Erzminerale
	Biotit

Die Quarzphyllite zeigen häufig einen Lagenbau, wobei sich grobkörnige mit feinkörnigen Quarzlagen abwechseln. Dazwischen eingeschaltet sind serizitreiche Partien, die mitunter auch größere Mengen an Epidot führen. Teilweise zeigt sich metaklastisches Gefüge, teilweise sind die einzelnen Körner verzahnt. Der Grad der Verzahnung nimmt von Süden nach Norden zu. Am Lago Gutiérrez sind die Quarze deutlich parallel zur Schieferung eingeregelt und löschen undulös aus. Dort findet sich auch in geringen Mengen Biotit. In den glimmerreichen Lagen zeigt sich nahezu kein Quarz. Die Glimmerschüppchen sind fein verteilt und deutlich eingeregelt. Die Ränder dieser Lagen sind zum Teil chloritisiert.

Die tektonische Beanspruchung der Quarzphyllite tritt in glimmerreichen Lagen besonders deutlich hervor. Neben einer sehr kleinräumigen Feinfältelung beginnt sich teilweise eine zweite Schieferung auszubilden. Außerdem finden sich neugesproßte Quermuskovite, die zu keiner tektonischen Richtung in Beziehung stehen. Die Metamorphose der Quarz-

phyllite steigt von Süden nach Norden; während im Süden noch ein deutlich metaklastisches Gefüge ausgebildet ist, finden wir nach Norden zunehmend eine Verkittung der einzelnen Komponenten. Der Chloritgehalt nimmt nach Norden ebenfalls zu.

Karbonat tritt erst nördlich einer Linie auf, die vom Lago Brown entlang des Río Salto nach NW verläuft; dort kommt es sowohl als Geröllkomponente als auch neben Quarz als Kluftfüllung vor. Am Lago Chacabuco, Lago Vargas und Lago O'Higgins tritt nur Quarz als Kluftfüllung auf (SERRANO & MORAGA 1963, S. 7).

Eine besondere Ausbildung des Quarzphyllites findet sich an der Einmündung des Río Chacabuco in den Río Baker. Dort führt der Quarzphyllit sehr viel Karbonat und Chlorit. Der Chlorit ist im Gegensatz zu den übrigen in der Formación Lago Cochrane auftretenden Chloriten lederbraun, was auf einen höheren Magnesiumgehalt, eventuell auch auf einen höheren Metamorphosegrad hinweist.

2.2.3.2 Quarzit

Quarzite sind die häufigsten Gesteine der Formación Lago Cochrane; sie treten im gesamten Gebiet deutlich in Erscheinung. Mitunter bilden sie mächtige Züge, die sich morphologisch klar von den übrigen Gesteinen abheben: sie bedingen Höhenrücken (S Río del Salto, E Lago Chacabuco), Wasserfälle (Río del Salto, Confluencia, Río Cochrane) und Engstellen an Seen (W-Teil Lago Cochrane, Pilqueman). Ihre Mächtigkeit liegt meist im Bereich von 30 m, teilweise kommen aber auch bis zu 150 m mächtige Lagen vor (Pilqueman). Sie stehen in Wechsellagerung mit Serizitphylliten, Tonschiefern und Quarzphylliten. Übergänge zu diesen Schichtgliedern sind häufig, eine scharfe Abgrenzung zu den Begleitgesteinen ist nur schwer möglich.

Die Quarzite sind je nach Serizitgehalt stark oder schwach verfaultet. Bei niedrigem tritt nur eine schwache Wellung im Großbereich auf, während bei höherem Serizitgehalt bereits im Zehner-Meter-Bereich wohl ausgebildete Isoklinal-

fallen auftreten können (z.B. am Lago Gutiérrez).

Wie bei den Quarziten der Formaciön Lago General Carrera herrschen auch hier graue Farbtöne vor. Die Farben variieren zwischen hell- und dunkelgrau. Am verwitterten Stück zeigen sich bräunliche und grünliche Farben. Das Gestein ist häufig bankig bis plattig ausgebildet. Auf den meist ebenen und glatten, selten rauhen und gewellten Schichtflächen finden sich Anreicherungen von Serizit, die ihnen einen seidigen Glanz verleihen.

Eine zum Teil intensive Faltung hat die Gesteine beansprucht. Im Kleinbereich treten Feinfältelung, ja sogar Stengelbildung (Lago Gutiérrez) auf. Zwei sich überlagernde Faltungen können festgestellt werden; dabei kommt es am Kreuzungspunkt dieser Faltungen zu Knotenbildungen.

Ab und zu finden sich Einlagerungen von Quarz, selten auch von Pyrit. Am Lago Juncal, bei Cochrane und am Südufer des Lago Cochrane treten kompakte Quarzausschwitzungen auf. Klüfte sind sehr gut ausgebildet, jedoch selten mit Quarz verheilt. In der Nähe von Rivera zerfallen die Quarzite in Quader von wenigen dm Kantenlänge.

Unter dem Mikroskop:

Quarz 70-90%	opake Erzminerale
Serizit 5-15%	Zirkon
Karbonat bis 15%	Turmalin
Albit ca. 5%	graphitische Substanz
Chlorit bis 5%	Xenotim
Kalifeldspat ca. 5%	Orthit
	Klinozoisit
	Pyrit
	Apatit
	Stilpnomelan
	Granat
	Biotit

Auch diese Gesteine zeigen eine Wechsellagerung zwischen glimmerreichen und glimmerarmen Lagen. In den glimmerreichen Lagen finden sich neben Serizit auch graphitische Substanz und Erzminerale. Die glimmerarmen Lagen bestehen aus einer metaklastischen, feinkörnigen Grundmasse, in der abgerollte Körner von Albit, Quarz und Kalifeldspat eingelagert sind. Die Feldspäte sind häufig serizitisiert. Oft finden sich, besonders in der Umgebung von Cochrane, zersetzte Epidotkristalle und zonar gebaute Zirkone, die auf den s-Flächen angereichert sind. Im Bereich vom Lago Brown bis N von Cochrane treten Neubildungen von Stilpnomelan in Quarziten mit noch rein klastischem Gefüge auf.

Weiter nördlich finden sich deutlich gelängte Quarze und xenomorphe Quarzpflaster. Chlorit tritt überall auf, besonders häufig aber im Kontakthof des Granites am Lago Vargas (gemeinsam mit Biotit), am Río Baker und im Valle Chacabuco. Innerhalb der grobklastischen Lagen finden sich zum Teil syntektonisch gedrehte Gerölle und verbogene Muskovittafeln. Wie bei den Quarzphylliten, so treten auch in diesen Gesteinen in der Umgebung von Pte. Chacabuco als Seltenheit Granat und Biotit auf.

Das Gestein ist deutlich geschiefert; während die erste Schieferung kräftig ausgebildet ist, ist eine zweite nur angedeutet. Glimmerschüppchen sind zum Teil bereits in diese Richtung eingeregelt. Neben einer Feinstfältelung hat die Gesteine eine Faltung im cm-Bereich betroffen.

Zuweilen finden sich Pyritkristalle mit gestreiften Quarzen in ihrem Druckschatten. Die Verbreitung der Karbonate beschränkt sich auch bei den Quarziten auf einen Bereich, der seine Grenze am Río del Salto hat. Südlich davon kommt kein Karbonat vor, weder als Sedimentkomponente, noch als Kluffüllung. Am Lago Vargas sind die Klüfte mit Quarz verheilt, der hypidiomorph ausgebildet ist; diese Quarze zeigen kein undulöses Auslösen. Weiter nach Norden finden sich neben Quarz auch Karbonatausscheidungen auf den Klüften. Im Gebiet östlich des Lago Brown sind Klüfte zum Teil mit Erz verheilt.

2.2.3.3 Serizitphyllite und Serizitquarzite

Sehr häufig kommen in der Formación Lago Cochrane Serizitphyllite und Serizitquarzite vor. Da sie sich sehr ähnlich sind und oft ineinander übergehen, werden sie hier gemeinsam beschrieben. Sie finden sich in Wechsellagerung mit Quarzphylliten und Quarziten, zu denen eine deutliche Ab-

grenzung nicht möglich ist. Ihre Mächtigkeit erreicht einige Zehner-Meter. Sie sind mit ihren Begleitgesteinen verfaltet und bilden im Großbereich Isoklinalfalten.

Die Gesteine sind von grauer Farbe, daneben treten auch helle, sowie schwarze Spielarten auf. Die Verwitterung ruft vornehmlich graue bis grünliche, nicht selten auch messinggelbe Farbtöne hervor. Die Schichtung dieser Gesteine ist fast immer feinblättrig bis dünnlagig; es finden sich auch mächtigere Lagen, die jedoch den mm-Bereich nie übersteigen. Auf den s-Flächen angereichert sind serizitische Hellglimmer, die zuweilen die messinggelbe Farbe bedingen und so den Serizitphylliten ein charakteristisches Aussehen verleihen.

Das Gestein ist meist stark verformt. Vom cm- bis zum dm-Bereich findet sich intensivste Feinfältelung. Daneben (Río Oro, Asentamiento Valle Chacabuco) kann die Faltung soweit fortgeschritten sein, daß Stengelung auftritt. Wie bereits oben beschrieben, treten auch hier häufig zwei Faltungen auf, die zu einer Knotenbildung und Zopfverflechtung dieser faltungsinkompetenten Gesteine führten. Deutlich ausgeprägt ist eine erste Schieferung, die Anlage einer zweiten zeigt sich in Form einer Zerschierung.

Quarzeinlagerungen treten nur selten auf, so am Río Chacabuco in Form kleinerer Quarzknödel. Kompakte Quarzausschüttungen finden sich in einem Geländestreifen, der sich von Cochrane über den Río Baker zum Asentamiento Valle Chacabuco erstreckt. Klüfte sind sehr selten ausgebildet; teilweise sind sie, wie am Río Baker und Asentamiento Valle Chacabuco, mit Quarz verheilt.



Abb.11: Feinfältelung und beginnende zweite Schieferung; Wechsellaagerung von Serizit- und Quarzlagen; s_2 wird durch Anreicherung graphitischer Substanz hervorgehoben. Serizitphyllit. S-Ufer Lago Cochrane, 7 km W Pilqueman. Nicols 30°

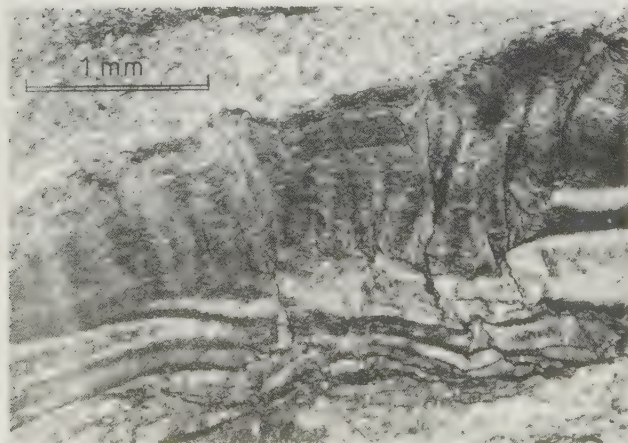


Abb.12: Überlagerung von zwei verschiedenen Faltungen. Serizitquarzit. Río Chacapuco. Nicols 65° .

Unter dem Mikroskop:

Serizit 40-70%	opake Erzminerale
Quarz 30-60%	Epidot
Albit 7-20%	Zirkon
Kalifeldspat 5-20%	Turmalin
Chlorit 5-20%	Apatit
graphitische Substanz 3%	

Die Gesteine zeigen oft eine Wechsellagerung von reinen Serizit/Chlorit-Lagen und grob- bis feinkörnigen, überwiegend Quarz führenden Partien. Die einzelnen Schichten sind deutlich voneinander getrennt. Oft schwimmen in einer feinkörnigen Grundmasse grobkörnige Quarze und Feldspäte, zum Teil auch verbogene Hellglimmer. Besonders im Bereich des Südufers des Lago Cochrane finden sich klastische Feldspäte als Einlagerungen. Sie sind stark abgerollt, serizitiert und randlich korrodiert. Serizitschüppchen zeichnen mitunter ihr Kristallgitter nach. Außerdem treten relativ häufig Zirkone auf, die idiomorphen Habitus besitzen.

Die einzelnen Komponenten zeigen oft eine deutliche Einregelung. Neben synkinematisch gewachsenen Glimmern finden sich posttektonische Muskovitneusprossungen, die in keiner Beziehung zum Gefüge stehen.

Deutlich ausgeprägt ist eine erste Schieferung (außer am Río Oro), eine Feinfältelung und teilweise auch eine zweite Schieferung; dieses s_2 wird deutlich in einer Zerschierung von s_1 , dabei sind die Spuren von s_2 auffällig mit graphitischer Substanz nachgezeichnet (Abb.11). Manchmal tritt auch eine zweite Faltung hinzu; sie führt zu einer Überlagerung der Feinfältelungen (Abb.12), die auch im Kleinbereich als Zopfverflechtung zu erkennen ist. Neben Quarz, der nicht verformt ist, tritt auch Karbonat als Kluftfüllung auf.

2.2.3.4 Tonschiefer

Als ein wichtiges Schichtglied der Formación Lago Cochrane treten vor allem im Gebiet von Lago Vargas, Río Tranquilo und südlich von Cochrane Tonschiefer auf. Sie stehen in Wechsellagerung mit Quarziten und Serizitschiefern, daneben auch mit Sandsteinen. Ihre Mächtigkeit schwankt zwischen cm-Lagen und m-mächtigen Einschaltungen. Die Übergänge zu den begleitenden Gesteinen sind stets fließend.

Die Gesteine sind meist grauschwarz, selten auch mittelgrau, und verwittern mit bräunlichen Farbtönen. Sie zeigen einen dünnblättrigen Aufbau. An den s-Flächen ist Serizit angereichert, der ihnen manchmal seidigen Glanz verleiht.

Wie die Serizitphyllite, so sind auch die Tonschiefer kräftig tektonisch beansprucht. Sie zeigen im cm- bis dm-Bereich intensive Feinfältelung; außerdem finden sich beim Auftreten zweier verschiedener Faltungen Zopfverflechtungen und Knotenbildungen. Eine Schieferung ist nicht immer festzustellen. Am Lago Vargas scheint sie sich erst zu entwickeln. Klüfte sind fast nie zu finden.

Unter dem Mikroskop:

Serizit 70%	Chlorit
Quarz 10-20%	Zirkon
Albit bis 10%	opake Erzminerale
graphitische Substanz bis 10%	

Das Gestein zeigt eine deutliche Wechsellagerung zwischen serizitreichen und serizitarmen Lagen; die einzelnen Komponenten sind sehr feinkörnig. Die Hellglimmerschüppchen sind meist entlang der Schichtflächen eingeregelt. Innerhalb der serizitreichen Lagen finden sich Quarzlinsen und -lagen, die parallel der ursprünglichen Schichtung ausgerichtet sind. Klüfte sind mit Quarz verheilt, der tektonisch nicht verformt ist. Die einzelnen Quarzkörner sind zu einem Pflaster verkittet.

Das Gestein zeigt deutlich zwei Schieferungen; die erste verläuft subparallel zur Schichtung. Die zweite beginnt sich als Scherung auszubilden; s_2 ist mit graphitischer Substanz nachgezeichnet.

Neben diesen relativ quarzarmen Tonschiefern finden sich - auf den Bereich von Lago Vargas beschränkt - quarzreichere Varietäten. Dabei handelt es sich meist um Gesteine, die eine deutliche Schichtung erkennen lassen. Es wechseln feinkörnige Lagen mit grobkörnigen ab; in die grobkörnigen sind größere Gerölle eingelagert. Um diese Körner legen sich Glimmerschüppchen, die parallel s eingeregelt sind. Daneben treten auch reine Quarzlagen und Schichten mit erhöhtem Gehalt an graphitischer Substanz auf.

Eine sehr sandige Spielart, die zum Teil in tonige Sandsteine übergeht, findet sich im Bereich von Lago Vargas.

Unter dem Mikroskop:

Quarz 40%	Turmalin
Serizit 40%	Chlorit
Albit 10%	Biotit
Kalifeldspat bis 10%	opake Erzminerale
Muskovit bis 5%	graphitische Substanz

In den sandigen Lagen sind häufig Nester von Quarz, Biotit, Muskovit und Erz zu finden, die auf pinitisierten Cordierit hinweisen, der in anderen Gesteinen dieser Gegend ebenfalls gefunden wurde. Biotit zeigt innerhalb der glimmerreichen Lagen Neuspaltung; die einzelnen Kristallindividuen sind völlig regellos angeordnet. Gleich dem Cordierit ist sein Vorkommen als Bildung im Kontakthof einer Intrusion zu erklären; nach Süden zu treten beide Minerale häufiger auf.

2.2.3.5 Cordieritschiefer

Im Bereich des Lago Vargas sind die Tonschiefer einer Kontaktmetamorphose unterworfen. Auf den Schichtflächen finden sich oft Kristallindividuen von hexagonalem Umriss, die als Cordierit identifiziert wurden. Nach Süden zu scheinen sie mengenmäßig zuzunehmen.

Unter dem Mikroskop:

Serizit 70%	Turmalin
Quarz 15%	opake Erzminerale
Chlorit 10%	
graphitische Substanz bis 10%	

Das Gestein zeigt einen schichtigen Aufbau. Es finden sich Serizitlagen, die teilweise mit Quarz durchstäubt sind. Daneben treten Quarzbänder auf, die manchmal Kreuzschichtung zeigen. Die Glimmerschüppchen sind deutlich eingeregelt.

Innerhalb der Serizitlagen finden sich völlig pinitisierte Cordieritkristalle (Abb.13). Die Idioblasten sind gänzlich von feinsten Serizitschüppchen erfüllt; die Textur des Gesteins ist gut durch die Elaste verfolgbar. Die Individuen

zeigen einen Saum von Fe-Mg-Chlorit. Neben den eingeregelter Seriziten lassen sich im Inneren der Umriss auch neugesproßte Muskovittafeln erkennen, die völlig regellos angeordnet sind.

Neben den ehemaligen Cordieritkristallen finden sich bisweilen innerhalb der serizitreichen Lagen postkinematisch gesproßte Chlorittafeln.

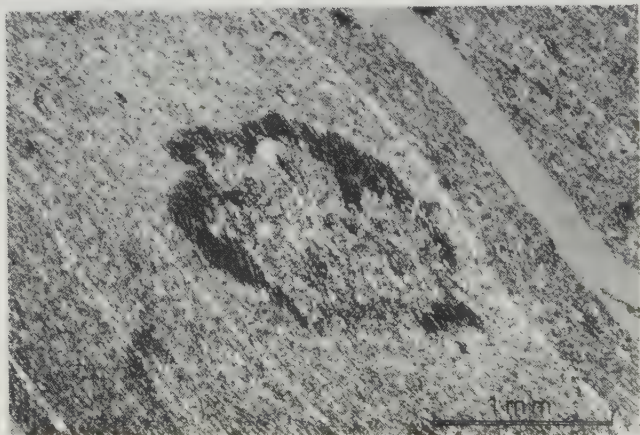


Abb.13: Pinitisierter Cordierit. Serizitschüppchen sind durch den ehemaligen Cordieritkristall gewachsen. Cordieritschiefer. S Lago Vargas. Nicols 80°.

2.2.3.6 Sandsteine

Die Tonschiefer am S-Ende der Lago Vargas-Senke stehen in Wechsellagerung mit Sandsteinen, deren Mächtigkeit vom mm- bis zum Großbereich schwankt. Die Sandsteine zeigen mittelgraue, teils grünliche, teils rötliche Farbe, sind teilweise im cm-Bereich verfaltet und schwitzen häufig viel Quarz aus. Ihr Metamorphosegrad nimmt nach Süden zu.

Unter dem Mikroskop:

Quarz 35-70%	Turmalin
Serizit bis 30%	Epidot
Albit bis 10%	Zirkon
Kalifeldspat bis 10%	Hämatit
graphitische Substanz bis 10%	Biotit

Die Sandsteine zeigen einen schichtigen Aufbau von grob- und feinkörnigen, teilweise sehr glimmerreichen Lagen. Ein klastisches Gefüge ist immer festzustellen. Die serizitreichen Partien sind selten; meist schwimmen in einer feinkörnigen Quarz/Feldspat-Matrix grobkörnige Komponenten. Diese Komponenten sind Quarz, Albit und Kalifeldspat; ihr Abrollungsgrad variiert stark. Die Quarze sind tektonisch beansprucht; sie zeigen undulöses Auslöschen. Die Feldspäte sind meist stark serizitisiert: Serizitschüppchen zeichnen ihr Kristallgitter nach. Die Glimmer - teilweise schon präkinematisch gesproßt - sind größtenteils eingeregelt, und zwar manchmal nach zwei aufeinander senkrecht stehenden Richtungen. Dabei ist eine Richtung deutlich als jünger identifizierbar; in ihr liegen neugesproßte Muskovite. Die einzelnen Komponenten des Gesteins sind schlecht verkittet. In den Zwickeln zwischen den Körnern findet sich Serizit und im Bereich nördlich des Río del Salto auch Karbonat. Neben graphitischer Substanz und undeformierten Quarzkristallen tritt dort auch Karbonat als Kluftfüllung auf.

2.3 Metamorphose

Sämtliche Gesteine des Grundgebirges im Untersuchungsgebiet sind metamorph überprägt; dabei lassen sich verschiedene Metamorphosearten unterscheiden, nämlich regionale Thermodynamometamorphose und Kontaktmetamorphose. Auch durch den Grad ihrer regionalmetamorphen Überprägung lassen sich die "Formationen" Lago General Carrera und Lago Cochrane unterscheiden.

2.3.1 Formación Lago General Carrera

Im Südtteil finden sich in den verschiedenen Gesteinen folgende Minerale: Quarz, Albit, Kalifeldspat, Muskovit, Chlorit, Epidot, Chloritoid, Titanit, + Biotit, + Amphibol,

+ Granat; Staurolith konnte nicht nachgewiesen werden, Granat findet sich selten in Form kleinster Körnchen. Das Fehlen von Staurolith, Hornblende und häufig auch Biotit und das Auftreten von Chloritoid und Fe-Mg-Chlorit verweisen die Metamorphose in die mittlere Grünschieferfazies des Barrow-Typs (Quarz-Albit-Epidot-Biotit-Subfazies) nach WINKLER (1967). Der Nordteil der Formación Lago General Carrera ist höher metamorph. Der Fe-Mg-Chlorit verändert sich zu Mg-Fe-Chlorit, daneben finden sich barroisitische Hornblende, Biotit und Granat. In der Literatur wird neben den bereits erwähnten Mineralen von Andalusit, Vesuvian, häufig auch von Granat und Biotit im Bereich von Pto. Sánchez und Pto. Cristal berichtet (HEIM 1940, S. 38 und RUIZ 1946, S. 20f). Nach eigenen Beobachtungen finden sich hypidiomorphe Granate, die nicht als Bildungen einer lokalen Aufheizung in der Nähe einer Granitintrusion gedeutet werden können. RUIZ (1946, S. 24) berichtet aus dem Gebiet N von Coihaique von einer höheren Regionalmetamorphose; seiner Meinung nach nimmt der Grad der Metamorphose von Norden nach Süden ab. Die im Nordteil der Formación Lago General Carrera auftretenden Minerale Quarz, Albit, Kalifeldspat, Mg-Fe-Chlorit, Muskovit, Biotit, + Andalusit, + Hornblende, + Granat zeigen den Grenzbereich von Grünschieferfazies zu Amphibolitfazies des Barrow-Typs (WINKLER 1967) bzw. "low-stage/medium-stage of metamorphism" nach WINKLER (1970) und damit ein Ansteigen des Metamorphosegrades nach Norden an.

2.3.2 Formación Lago Cochrane

Die Gesteine der Formación Lago Cochrane sind durchwegs geringer metamorph; bereits das Gefüge, das fast immer klastische Strukturen erkennen läßt, drückt dies aus. In dieser Serie treten folgende Minerale auf: Quarz, Albit, Kalifeldspat, Epidot, Fe-Mg-Chlorit, Serizit, Turmalin,

Zirkon, $\pm$ Stilpnomelan, $\pm$ Titanit (?). Normalerweise findet sich kein Biotit, auch Chloritoid konnte nicht nachgewiesen werden; Stilpnomelan kommt zwischen Lago Brown und Río Chacabuco manchmal vor. Dieser Mineralbestand weist die Metamorphose in die niedrigste Grünschieferfazies, nämlich in die Quarz-Albit-Muskovit-Chlorit-Subfazies des Barrow-typs nach WINKLER (1967) bzw. die "low-stage of metamorphism" (WINKLER 1970).

Nach S und SE zu ist eine Abnahme der Kornverzahnung und Sammelkristallisation zu beobachten. Vom Lago O'Higgins beschreibt KATZ (1962a, S. 21) sehr geringen Metamorphosegrad, den er mit dem der Tonschiefer von Magallanes vergleicht. Auch ORTIZ (1957, S. 18ff) berichtet von der Península de Taitao von schwach metamorphosierten Sedimenten.

Im Bereich des Lago Vargas findet sich im äußeren Kontakthof einer Granitintrusion die Mineralvergesellschaftung Quarz-Chlorit-Serizit-Turmalin-Epidot-pinitisierter Cordierit-neugesproßter Biotit; Hornblende, Granat oder Diopsid wurden nicht gefunden. So waren diese Gesteine den p/T-Bedingungen der angehenden Hornblende-Hornfels-Fazies unterworfen (WINKLER 1967, S. 63).

2.3.3 Alter der Metamorphose

Die Regionalmetamorphose, die die Gesteine des Untersuchungsgebietes betroffen hat, ist in mehrere Phasen zu gliedern.

Ihre Hauptphase verlief vor bzw. gleichzeitig mit der Faltung, die die Hauptgefügeprägung hervorrief; diese Faltung ist die variszische Hauptfaltung (siehe Kap.7). Für die Gleichzeitigkeit von Metamorphose und einsetzender Faltung sprechen syn- und postkristallin verformte Glimmer, die

im gesamten Arbeitsgebiet vorkommen. Die variszische Metamorphose ist in sehr vielen Bereichen des patagonischen Grundgebirges nachzuweisen. Sie hat sich jedoch manchmal nur sehr schwach ausgewirkt, so daß Fossilien erhalten blieben. Aufgrund von radiometrischen Altersbestimmungen wird das Alter der variszischen Metamorphose heute nahezu übereinstimmend in die Zeit zwischen Karbon und Perm gestellt (GONZALEZ-BONCRINO 1967, MUNIZAGA 1967, HALPERN 1973, MUNIZAGA et al. 1973, TOUBES & SPIKERMANN 1973, HERVE et al. 1974).

Eine sehr schwache, jüngere Metamorphose, die zu gelegentlicher Glimmerneuspaltung geführt hat, ist sicher älter als Oberjura. Eine metamorphe Überprägung der jurassischen Vulkanite ist auszuschließen, da in ihnen glasige Bestandteile gefunden wurden.

Nicht sicher ist im Arbeitsgebiet eine prävariszische Metamorphose nachzuweisen; die zersetzten Granate, die sich stellenweise im Bereich der Formación Lago General Carrera finden, könnten als ein Hinweis auf eine eventuell kaledonische Metamorphose angesehen werden. Über die Existenz einer an der Grenze Silur/Devon sich abspielenden Metamorphose im Gebiet von Valparaíso berichten CORVALAN & MUNIZAGA (1972); sie ist durch radiometrische Altersdatierungen nachweisbar.

Die kontaktmetamorphe Überprägung der Gesteine im Bereich von Lago Vargas steht mit der Intrusion des "Andenplutons" in Zusammenhang; ihr kommt ein Alter zwischen Oberjura und Mitteltertiär zu (HALPERN 1973, S. 2414).

3. Tektonik des Grundgebirges

Wie bereits in Kap.2 erwähnt, weisen die Gesteine des metamorphen Grundgebirges eine deutliche tektonische Beanspruchung in Form von Faltungen und Schieferungen auf. Es wird noch gezeigt werden, daß diese Hauptgefügeprägung in der variszischen Hauptfaltung angelegt wurde (Kap.7). Außer ihren variabel NE-SW-streichenden Faltenrichtungen finden sich ungefähr NW-SE- und konstant N-S-verlaufende. Die NW-SE-gerichteten sind älter, die N-S-gerichteten jünger als die variszische Hauptfaltung; erstere werden vorläufig als "prävariszisch", letztere als "postvariszisch" bezeichnet.

Aufgrund von Verstellungen an Störungen, Schlingentektonik und fehlender Verbindung der einzelnen Meßbereiche wird das Gebiet regional abgehandelt. Die geographische Lage der einzelnen Meßbereiche zeigt Tafel 6.

Auf den Tafeln 3, 4 und 5 ist der Verlauf der prävariszischen, variszischen und postvariszischen Faltenrichtungen dargestellt. Die einzelnen Pfeile repräsentieren Meßbereiche, nicht Einzelmessungen.

3.1 Formación Lago General Carrera

3.1.1 Bahía Murta

Im Bereich zwischen Isla Rivera und Pto. Tranquilo setzt sich der Gesteinsbestand aus einer Wechsellagerung von Quarzphylliten, Serizitquarzitschiefern und Glimmerschiefern zusammen. Diese Serie ist zum Teil im dm-, zum Teil im m-Bereich verfaltet; vorherrschend sind NW-vergente Iso-klinalfalten. Im Kleinbereich sind die Gesteine kräftig ge-

faltet; die b-Achse der Faltung läuft parallel zur Hauptschieferung der Gesteine.

Die Hauptfaltenachsen streichen auf der Isla Rivera ca. 10° und fallen flach nach Norden ein. Nach Süden zu biegen sie in E-W-Richtung um und tauchen mit ca. 30° nach Westen ein. Häufig ist diese Faltung von einer gleichalten Querfaltung begleitet, die zum Teil sehr intensiv als Knitterung ausgebildet ist. Ihre b-Achse liegt an der Isla Rivera nahezu horizontal, während sie knapp nördlich von Pto. Tranquilo fast senkrecht steht. Daraus resultiert ein uneinheitlicher Verlauf von b_1 - eine Art Schlingenbau tritt auf.

Neben diesen Achsen, die die variszische Hauptfaltung repräsentieren, finden sich oft auf den Flanken dieser Falten ältere Falten in Form von Linearen. Nach Rückformung streichen die Achsen $250^{\circ}/30^{\circ}$ und $190^{\circ}/33^{\circ}$.

Auf der Westseite der Bahía Murta finden sich b-Achsen, die N-S streichen und von einer E-fallenden Querfaltung begleitet sind ("postvariszisch").

3.1.2 Pto. Tranquilo

Im Bereich des Río Tranquilo finden wir vorwiegend Grünschiefer und Quarzphyllite, daneben auch Serizitphyllite und untergeordnet Marmore. Die Gesteine sind im Großbereich verfaltet und zeigen südlich des Río Tranquilo NE-Vergenz.

Der Río Tranquilo folgt einer ausgeprägten Störungszone. Die Gebiete nördlich und südlich davon unterscheiden sich in ihrem tektonischen Bau grundlegend: nördlich des Flusses herrscht ein relativ einheitlicher Bau vor. Die Schieferungsflächen und b-Achsen der variszischen Hauptfaltung streichen

ca. 110° . Eine Querfaltung ist deutlich als Knitterung ausgeprägt. Vereinzelt treten N-S-streichende Faltenachsen auf, die ebenfalls von einer Querfaltung begleitet werden.

Südlich des Río Tranquilo zeigt sich ein umlaufendes Streichen der Schieferungsflächen und Faltenachsen (Abb.14). Häufig treten steile, fast senkrechte Faltenachsen auf. Im Bereich der Umbiegungszone liegen sie subhorizontal, westlich davon tauchen sie nach SW, östlich davon nach SE und S ab; selten findet sich Querfaltung.

Vereinzelt wurde eine b-Achse gemessen, die deutlich jünger als die variszische Hauptfaltung ist. Sie streicht $5^{\circ}/30^{\circ}$. Diese Faltenachse ist durch Messung einer zugehörigen Querfaltung und aus einem Sammeldiagramm, in dem sämtliche Schieferungsmessungen des Gebietes dargestellt sind (Abb.15), ebenfalls nachzuweisen. Hier bilden die s-Flächenpole Gür-

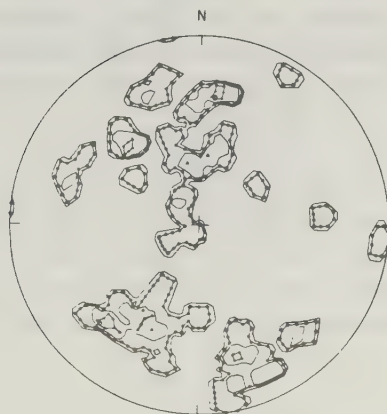


Abb.14: S Río Tranquilo
58 b-Achsen
1-3-5-10%



Abb.15: NW Lago General
Carrera
105 sf-Pole
1-3-5%

telmaxima; die π -Pole dieser Gürtelmaxima liegen auf einem Kleinkreis, dessen Pol (κ) mit der gemessenen Achse zusammenfällt. Es muß also für diesen Bereich eine jüngere Einengung, die zur Verstellung der variszisch angelegten Schieferungsflächengeführt hat, angenommen werden.

3.1.3 Pta.del Mármol - Pta.León

Zwischen Pta.del Mármol und Pta.León kommen Glimmerschiefer, Serizitphyllite und Marmore vor. Sie stehen in deutlicher Wechsellagerung und bilden meist E-vergenten Mulden- und Sattelbau im Zehner-Meter-Bereich.

Sowohl Schieferungsflächen wie Faltenachsen der variszischen Hauptfaltung streichen NE-SW. ESPINOSA & STAMBUK (1971a, S. 3) berichten von überwiegend N-S-streichenden Strukturen in dieser Region. Es treten zwar N-S-gerichtete Faltenachsen auf, doch muß in Übereinstimmung mit HEIM (1940, S. 38) das regionale Schieferungsstreichen mit 30° - 45° angegeben werden. Zu diesen variszischen Faltenachsen tritt häufig eine Querfaltung, die in Form von steilstehenden Achsen erkennbar ist.

Auf den variszischen Faltenachsen finden sich entlang der gesamten Küste zwischen Pta.del Mármol und Pta.León ältere Faltenachsen, die in Form von Linearen oder Stengeln auf den Faltenflanken auftreten. Nach ihrer Rückformung zeigen sie eine deutliche Richtungskonstanz: es kommen zwei Richtungen, nämlich in 170° und 115° , vor.

3.1.4 Pto.Cristal

Im Bereich von Pto.Cristal herrschen Grünschiefer, Quarzphyllite und untergeordnet Marmor vor. Die Gesteine stehen in enger Wechsellagerung und zeigen häufig im dm- und cm-

Bereich einen SE-vergenten Faltenbau (Abb.16). Die Faltenachsen streichen vornehmlich NE-SW und tauchen nach NE flach ein; zuweilen sind sie von einer Querfaltung begleitet.

Schon HEIM (1940, S. 35ff) befaßte sich mit der Lagerung der Gesteine des kristallinen Grundgebirges im Bereich von Pto.Cristal. Dabei beschreibt er die erzführende Serie, die hauptsächlich aus Marmor und Quarzphyllit besteht, als SE-vergente Muldenstruktur von nahezu 3 km Breite. Das Streichen dieser Syncline gibt er mit 30° - 45° an. Was er nur vermutete, zeigt RUIZ (1946, S. 18) deutlich auf: diese Muldenstruktur zieht sich von knapp NE Pto.Cristal über 20 km nach SW bis fast zum Eingang der Bahía Murta fort.



Abb.16: Pto.Cristal
49 sf-Pole
1-3-5-10-15-20%

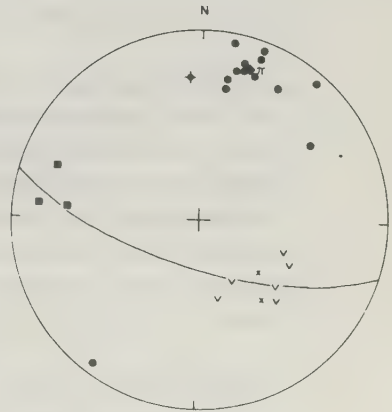


Abb.17: ca.4 km NE
Pto.Cristal
2 ss-Pole
6 sf-Pole
13 b-Achsen (var.)
3 b-Achsen
(prävar.)
1 b-Achse
(postvar.)

In dem Gebiet nahe von Pto.Cristal, wo Schichtglieder von geringer Mächtigkeit wechsellagern, finden sich ab und zu ältere Falten. Sie sind deutlich von der variszischen Hauptfaltung überprägt. Nach Rückformung dieser Faltenachsen ergibt sich ihr streichender Verlauf mit ca. 100° und 150° (Abb.17). Damit stimmen diese Richtungen in etwa mit den als prävariszische Faltenachsen erkannten Richtungen zwischen Pta.del Mármol und Bahía Murta überein.

Weiterhin finden sich jüngere Faltungsrichtungen. Östlich von Pto.Cristal wurde eine deutlich als jünger identifizierbare Faltungsachse gemessen, die 350° streicht und 25° einfällt. Daneben findet sich eine ausgeprägte Querfaltung, die E-W verläuft. Sie läßt sich dieser Faltung zuordnen.

3.1.5 Pto.Sánchez

In der Umgebung von Pto.Sánchez treten dieselben Gesteine auf wie in Pto.Cristal und zwischen Pta.del Marmol und Pta. León, jedoch nehmen die Marmore hier einen viel größeren Raum ein. Die Wechsellagerung zeigt auch hier einen meist SE-vergente Mulden- und Sattelbau im Zehner-Meter-Bereich. In den serizitreichen Schichtgliedern ist eine ausgeprägte Schieferung parallel zur ehemaligen Schichtung festzustellen.

Die Kleinfaltenachsen der variszischen Hauptfaltung wie die Schieferungsflächen streichen NE. Manchmal ist dazu eine Querfaltung als kräftige Knickfaltung ausgebildet, die deutlich jünger als die Hauptfaltung ist. Stellenweise ist nur die Querfaltung ausgebildet, während die Hauptfaltung nicht erhalten ist. Diese Erscheinung tritt in sehr marmorreichen Gebieten auf. Der Marmor ist sehr faltungsanfällig und reagiert bereits auf geringe Bewegungen und Beanspruchungen. Im Bereich auch kleinerer Störungen kommt es häu-

fig zur Ausbildung von Kleinfalten. Daher sind in marmorreichen Lagen ältere Strukturen kaum zu erwarten.

Im Bereich der Islas Malvinas kommt es zu einem Umbiegen der Faltenachsen und Schichtflächen von 40° auf 60° , wobei die Querfaltung dieses Umbiegen mitmacht; es kann am besten durch Verstellungen im Bereich einer großen Störungszone erklärt werden (s. Kap. 3.1.2), jedoch ist auch Schlingentektonik, hervorgerufen durch die steilstehende Querfaltung, möglich.

Vereinzelte treten, so z.B. auf den Islas Malvinas und NE von Pto. Sánchez, Faltungsachsen auf, deren Richtung gut mit den andernorts als prävariszisch ermittelten Falten übereinstimmt.

Jüngere Faltenachsen sind am Río Blanco und auf den Islas Malvinas in unsicherer Stellung anzutreffen. Sie streichen N-S und tauchen flach bis steil nach N ein. NW von Pto. Sánchez finden sich steile bis fast senkrecht stehende Achsen, ebenso auf den Islas Malvinas (s. auch HEIM 1940, S. 38). Diese steilen Achsen können als Anzeichen einer Schlingentektonik gedeutet werden; damit wäre auch eine Erklärung für das abrupte Umbiegen der Schichten hier und am Río Tranquilo gegeben.

3.1.6 Pto. Guadal

In Pto. Guadal und seiner weiteren Umgebung stehen hauptsächlich Quarzite, Grünschiefer, Quarzphyllite und Marmore an. Sie bilden eine deutliche Wechsellagerung und sind meist im m-Bereich isoklinal verfaltet; dabei überwiegen SE-Vergenzen. Die b-Achsen sind häufig im cm-Bereich ausgebildet als Falten, in besonders quarzreichen Lagen zum Teil als Quarzstengel.

Die Richtungen der variszischen Schieferung und Faltung zeigen sehr uneinheitliches Streichen; NW- und NE-gerichtete Faltenachsen finden sich teilweise im gleichen Gesteinsverband. So zeigt sich in einem Aufschluß NE von Pto.Guadal, in dem Grünschiefer und Quarzphyllite über einige Zehner-Meter hinweg in Wechsellagerung stehen, ein völlig unterschiedliches Bild: in den Grünschiefern streichen Faltenachsen wie auch die zugehörigen Schieferungsflächen NW-SE. In den Quarzphylliten weisen beide nach NE. Dort, wo beide b-Achsenrichtungen im gleichen Gestein auftreten, sind bevorzugt NE-streichende s-Flächen ausgebildet. Die Gesteine stehen in primärem Schichtverband, sie gehören nicht etwa zwei verschiedenen Schollen an (Abb.18). Anscheinend sind Grünschiefer in der Lage, ältere Strukturen besser zu konservieren als quarzreiche Gesteine.

Im Bereich von Pto.Guadal treten zu den variszischen Hauptfaltenachsen kräftige Querfaltungen (Abb.19). Sie sind meist als Knitterzonen ausgebildet, die besonders den quarzreicheren Lagen ein wellblechartiges Aussehen verleihen. Steile bis senkrechte b-Achsen sind auf den Bereich von Verwerfungen beschränkt.

Auf den Flanken der variszisch gefalteten Schichten finden sich oft ältere b-Achsen in Form von feinen Linearen oder Quarzstengeln. Nach ihrer Rückformung ergibt sich ein stets konstanter Winkel zwischen prävariszisch und variszisch angelegten Faltenachsen. Auf der E-Seite und im äußersten Westen der Bucht von Pto.Guadal sowie ca. 3 km SW von Pto.Guadal verlaufen die variszischen Strukturen NNE-SSW; nach der Rückformung streichen die prävariszischen Strukturen ca. 160° . Diese Streichrichtung paßt sich deutlich den weiter im Norden ermittelten Werten an (s. Kap. 3.1.3).

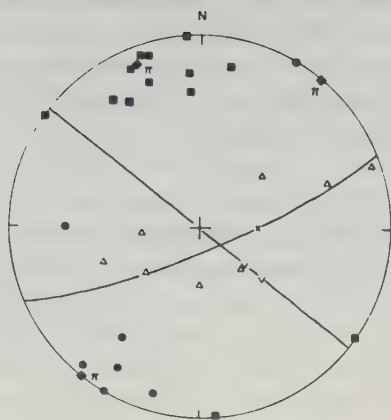


Abb. 18: 3 km NE Pto. Guadal

- 1 ss-Pol
- 2 sf-Pole (Quarzphyl-
lit)
- 8 sf-Pole (Grünschie-
fer)
- 6 b-Achsen (Quarz-
phyltit)
- 11 b-Achsen (Grün-
schiefer)

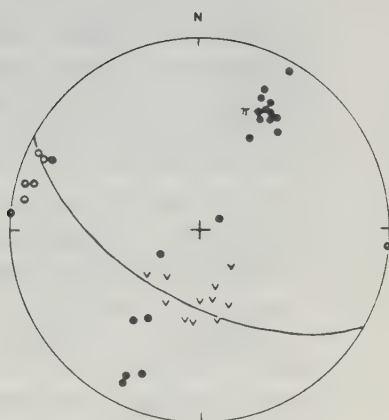


Abb. 19: 1 km E Pto.
Guadal

- 11 sf-Pole
- 18 b-Achsen (var.)
- 7 b-Achsen (var.
Querfaltung)

Im unmittelbaren Ortsbereich von Pto. Guadal und in einem Streifen, der sich von dort ca. 2 km nach Süden erstreckt, ist das variszische Streichen völlig anders. Es herrschen überwiegend NW-SE-, im Bereich des Hafens N-S-gerichtete Faltenachsen vor. Auch hier bilden sie mit den prävariszisch angelegten den gleichen Winkel. Dieses Gebiet ist durch kräftige Verwerfungen, die auf dem Luftbild deutlich zu identifizieren sind, in einzelne Blöcke zerlegt, die gegeneinander verstellt sind. Dreht man nun diese Blöcke soweit, daß die Richtung ihrer variszischen Faltenachsen mit denen der umliegenden Gebiete übereinstimmt - also NNE-SSW streicht - so weisen die prävariszischen Faltenachsen eben-

falls in die Richtung, die ihnen von den umliegenden Gebieten her zukommt, nämlich nach NW. Damit stimmen variszische und prävariszische Faltung der Umgebung von Pto. Guadal mit den für diese Faltungen NE und NW des Lago General Carrera gefundenen Richtungen überein.

Das Auftreten noch jüngerer Faltenachsen ist unsicher. Zwar finden sich im näheren Umkreis von Pto. Guadal N-S-streichende Faltenachsen, die zum Teil auch von einer Querverfaltung begleitet sind, jedoch können sie altersmäßig nicht eingestuft werden.

3.1.7 Desague und Río Delta

Im SW-Teil des Lago General Carrera und im Mündungsgebiet des Río Delta finden sich vorwiegend quarzreiche Gesteine. Grünschiefer treten sehr stark zurück, Marmore fehlen ganz. Es überwiegen knollige Quarzphyllite und feinkörnige, serizitarmer Quarzitschiefer. Sie stehen in enger Wechsellagerung und bilden einen isoklinalen Großfaltenbau, der meist E-vergent, mitunter auch SW-vergent ist.

Die Faltenachsen der variszischen Hauptfaltung streichen im Gebiet von Desague N-S, weiter im Norden biegen sie leicht nach NE um. Häufig sind sie begleitet von einer deutlichen Querverfaltung, die zum Teil sehr steil bis senkrecht steht. Das Gebiet ist ziemlich stark gestört; es finden sich Verwerfungen mit Mylonitzonen und tektonischen Brekzien, die Mächtigkeiten von ca. 100 m erreichen können. Sie streichen annähernd N-S. Vermutlich ist auch die Gegend von Desague eine ausgeprägte Störungszone; dafür sprechen steile Achsen, die sich in ihrer unmittelbaren Nähe befinden.

Zur variszischen Hauptfaltung kommen häufig ältere Falten hinzu, deren Richtung nicht genau rückzuformen ist, da postvariszische Verstellungen die Gesteine in unkontrollierbarer Weise betroffen haben. Jedoch differieren wie bei Pto.Guadal und N des Lago General Carrera diese beiden Achsenrichtungen wieder um den gleichen Winkelbetrag. Ordnet man sie variszischen Faltenachsen so ein, daß sie aus N-S-Richtung schwach in NE-SW-Richtung umbiegen, so ergibt sich für die prävariszischen Faltenachsen ein NNW-Streichen.

Die Aufschlüsse im Mündungsgebiet des Río Delta dürften wie die Gebiete in Pto.Guadal durch postvariszische Verwerfungen verstellt sein. Die variszische Hauptfaltung streicht ca. 155° und ist von einer ausgeprägten Querfaltung begleitet. Daneben findet sich eine prävariszische Faltung, die nach Rückformung ca. 110° streicht. Dreht man das gesamte Gebiet der Río-Delta-Mündung um 40° im Uhrzeigersinn, so stimmt ~~seine~~ variszische Hauptfaltungsrichtung mit der der umliegenden Gebiete überein; die prävariszische weist wiederum nach NW.

Eine postvariszische Faltung ist hier nicht eindeutig als solche identifizierbar, da ihre Richtung mit der der variszischen Hauptfaltung übereinstimmt.

3.1.8 Lago Bertrand

Am Süden des Lago Bertrand kommen fast nur Quarzphyllite und Quarzite vor. Sie liegen in enger Wechsellagerung und sind teils im Kleinbereich, teils im m-Bereich intensiv verfaltet; häufig bilden sie SE-vergente Isoklinalfalten.

Auch hier ist die deutlich hervortretende Faltung die variszische Hauptfaltung, jedoch läßt sich eine einheitliche

Richtung nur für den Bereich von Pto.Soto und S von Pto. Bertrand am Río Baker angeben. Dort streichen die s-Flächen und b-Achsen N-S bis NNE-SSW; in Pto.Soto treten senkrecht stehende Falten auf, die eine Schlingentektonik andeuten. Inwieweit sie verwerfungsbedingt sind, kann nicht geklärt werden.

Im zentralen Teil um Pto.Bertrand biegen die Schichten- und Faltenachsen des Varistikums von S nach N vorgehend aus E-W über N-S- in NNW-SSE-Richtung um. Das Gebiet ist, wie unschwer dem Luftbild zu entnehmen ist, durch zahlreiche kleine und große Verwerfungen in Schollen unterschiedlichster Größe zerlegt. Diese Zerlegung und das gleichzeitige Auftreten sehr steiler Achsen machen es wahrscheinlich, daß diese Teile aus einer ursprünglich NNE-verlaufenden Richtung in ihre heutige Lage verstellt wurden. Eine sehr kräftige, NW-SE-streichende Störung, die diesen gedrehten Block im Norden begrenzt, könnte ebenfalls als Ursache für das Umbiegen der Strukturen in Frage kommen.

Auf den Flanken der variszischen Falten finden sich häufig prävariszische, die nach zwei verschiedenen Richtungen verlaufen. Dreht man die variszischen Falten so, daß sie parallel zu den in der Umgebung auftretenden variszischen Falten streichen, so ergeben sich für die prävariszischen Falten zwei Richtungen, nämlich eine NNW-SSE- und eine WNW-ESE-Richtung (160° und 110°). Diese beiden Richtungen waren auch SW von Pta.del Mármol als prävariszische b-Achsenrichtungen erkennbar (s. Kap. 3.1.3).

3.1.9 Río Baker

Zwischen der Mündung des Río Nef und des Río Chacabuco in den Río Baker finden sich Serizitphyllite und Serizitquarzit-schiefer in Wechsellagerung; sie sind im cm- wie im dm-

Bereich verfaltet und zeigen fast ausschließlich E-Vergenz.

Schieferungsflächen wie Faltenachsen der variszischen Hauptfaltung streichen im Durchschnitt 15° ; mitunter treten Verstellungen an Störungszonen auf. Eine Querfaltung ist undeutlich nachzuweisen. Manchmal finden sich Faltenachsen anderer Richtung, die in einem Aufschluß als sicher älter als die variszische Hauptfaltung identifizierbar waren. Sie weisen nach NW und stimmen damit mit den übrigen prä-variszischen Faltenachsen der Formación Lago General Carrera überein.

3.2 Formación Lago Cochrane

3.2.1 Valle Chacabuco

Die vorherrschenden Gesteine im Raum Valle Chacabuco sind Serizitphyllite, Serizitquarzite und Quarzphyllite. Sie sind oft im Großbereich isoklinal verfaltet; dabei überwiegt SE-Vergenz (Abb.20).

Das Gebiet des Valle Chacabuco zeigt einen sehr einheitlichen Bau. Wie dem Luftbild zu entnehmen ist, biegen die Schichten aus N-S-Richtung am Río Chacabuco in nahezu E-W-Richtung um; am Lago Gutiérrez streichen sie ca. 45° . Die Kleinfaltenachsen machen dieses Umbiegen mit (Abb.21). Häufig, besonders im Gebiet des Asentamiento Valle Chacabuco, tritt dazu eine Querfaltung auf, die zu Zopfverflechtung der b-Achsen führt. Relativ selten sind steilstehende Querfaltenachsen; sie finden sich nur im Bereich des Asentamiento Valle Chacabuco. Die steilstehenden Achsen im Bereich des Río Baker sind sicher verwerfungsbedingt.



Abb.20: Asentamiento Valle
Chacabuco
95 sf-Pole
1-3-5-10%

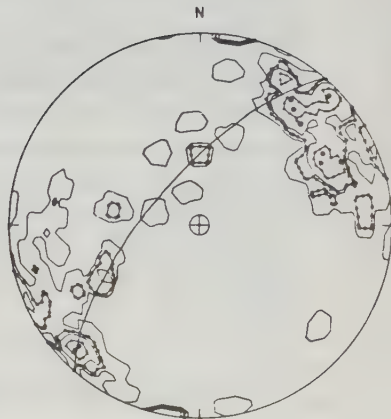


Abb.21: Asentamiento Valle
Chacabuco
105 b-Achsen
1-3-5-10%

Im Gebiet des Lago Gutiérrez herrscht einheitliches NE-SW-Streichen der variszischen Hauptfaltung. Sehr häufig tritt dazu eine NW-gerichtete b-Achsenrichtung; sie ist sicher als Querrfaltung identifiziert.

Im Bereich von Pte.Chacabuco treten neben flachen, NE-SW-streichenden b-Achsen auch Faltenrichtungen auf, die stark streuen (Abb.22). Ihre Maxima sind um einen Kleinkreis angeordnet; daraus ergibt sich eine sekundäre Verstellung der b-Achsen um eine Faltenachse, die $355^{\circ}/62^{\circ}$ streicht. Diese Faltungsphase, die möglicherweise mit der Querrfaltung der variszischen Hauptfaltung identisch ist, kann als Ursache des schlingenförmigen Umbiegens von s-Flächen und b-Achsen am Río Chacabuco angesehen werden.



Abb.22: Pte.Chacabuco
45 b-Achsen
1-3-5-10-15%

Anzeichen einer postvariszischen Faltung ergeben sich am Asentamiento Valle Chacabuco und am Lago Gutiérrez. Dort treten in glimmerreichen Schichten N-S-streichende Faltenachsen auf, die zum Teil von E-W-streichenden begleitet sind. Eine genaue Altersstellung dieser Achsen kann nicht angegeben werden, jedoch sind sie richtungsgleich zu den als postvariszisch erkannten Achsenrichtungen der Formación Lago General Carrera.

3.2.2 Cochrane

Bei Cochrane treten wie im Valle Chacabuco Serizitphyllite, Quarzite und im Ostteil zwischen Cochrane und dem Lago Cochrane auch Tonschiefer auf. Sie sind im Zehner-Meter-Bereich isoklinal verfault und zeigen im Kleinbereich E-bis SE-Vergenz, im Großbereich NW-Vergenz (Abb.23). Im gesamten Bereich zwischen Río Baker, Lago Chico und Lago Esmeralda streichen die variszischen Kleinfalten ca. 20° und pendeln um die Horizontale (Abb.24).

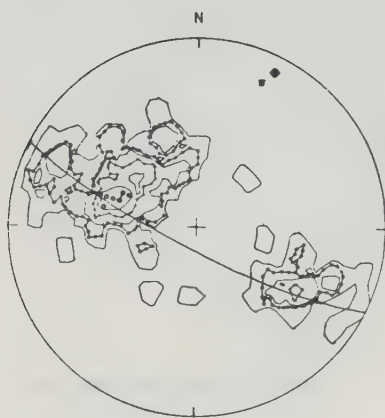


Abb.23: Cochrane
128 sf-Pole
1-3-5-10-15%



Abb.24: Cochrane
163 b-Achsen
1-3-5-10-15-
20%

Häufig tritt eine 130° -streichende Faltung auf. Sie konnte eindeutig als Querfaltung zur variszischen Hauptfaltung identifiziert werden.

Östlich und südlich von Cochrane treten neben NNE-SSW-gerichteten Falten häufig 350° -streichende b-Achsen. Sie sind oft von 80° -streichenden Falten begleitet. In dem Gebiet, in dem diese Faltung auftritt, finden sich sehr häufig serizitreiche Gesteine und Tonschiefer. Es stellt sich die Frage, ob die überwiegend in sehr faltungsinkompetenten Gesteinen auftretenden Falten einer jüngeren, spätvariszischen oder alpidischen, Faltungsphase zuordenbar sind.

Steile Achsen kommen im Gebiet von Cochrane nur selten vor; sie sind verwerfungsabhängige Bildungen.

3.2.3 Südufer Lago Cochrane und Lago Brown

Am gesamten Südufer des Lago Cochrane finden sich Quarzite, Serizitphyllite und Tonschiefer in enger Wechsellagerung. Sie bilden häufig E- bis SE-vergente Isoklinalfalten mit Faltenlängen im Zehner-Meter-Bereich; dabei wechseln sich Sattel- und Muldenstrukturen ab.

Die Achsen der variszischen Hauptfaltung streichen im Gebiet um Rivera vornehmlich 20° und fallen flach nach N und S ein (Abb.25). Sie sind von einer zum Teil intensiven Querfaltung begleitet, die als Knickfaltung ausgebildet ist. Von Westen bis fast Pilqueman herrschen E-vergente Sattel- und Muldenstrukturen vor; weiter im Osten ist die E-Vergenz auf den Kleinbereich beschränkt, während im Großbereich W-Vergenz auftritt.

Im Gebiet Pilqueman-Río Brown streichen die variszischen Faltenachsen völlig anders. Bevorzugt sind WNW-Richtungen (Abb.26). Es kommen auch steile Achsen vor, die zum Teil



Abb.25: S-Ufer Lago Cochrane
91 b-Achsen
1-3-5-10-15%

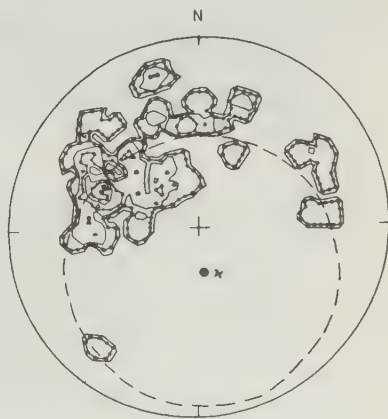


Abb.26: Pilqueman
56 b-Achsen
1-3-5-10-15-20%

als Querfaltung anzusehen sind. Die b-Achsen sind auf einem Kleinkreis angeordnet, dessen Pol (κ) bei $173^{\circ}/71^{\circ}$ liegt. Diese steile Achse bedingt die Schlingenbildung der variszisch verformten Gesteine.

Am Lago Brown streichen die b-Achsen NE-SW; dieses Streichen paßt sich dem allgemeinen variszischen Bauplan an, der auch hier im E-Teil der Formación Lago Cochrane ein Umbiegen der Strukturen nach NE erkennen läßt. Zusätzlich zu dieser variszischen Hauptfaltung mit begleitender Querfaltung tritt im gesamten Bereich südlich des Lago Cochrane eine Faltung mit N-S-streichenden Achsen auf; teilweise ist sie von einer E-W-streichenden Querfaltung begleitet. Es gibt keine Anzeichen dafür, daß diese Faltung älter als die variszische Hauptfaltung sein könnte. In ihrer Richtung stimmt sie mit den als eindeutig jünger identifizierten Strukturen überein, die am Río Tranquilo gefunden wurden.

Im Gebiet Pilqueman-Río Brown treten Faltenachsen auf, die mit der Richtung der variszischen Hauptfaltung immer denselben Winkel einschließen; sie weisen keine einheitliche Richtung auf. Aufgrund der sehr häufig beobachteten Verwerfungen muß mit ausgeprägten Verstellungen in diesem Gebiet gerechnet werden.

Wenn man so wie bei Pto. Guadal und am Río Delta verfährt und die hier WNW-ESE-streichenden, variszischen b-Achsen in den regionalen Bauplan der variszischen Faltung einpaßt - also um 90° im Uhrzeigersinn dreht - weisen die begleitenden Achsen in N-S-Richtung und verlaufen damit parallel zu den andernorts gemessenen postvariszischen Faltenachsen. Diese Rückformung ist gerechtfertigt durch die in diesem Bereich nachgewiesenermaßen nicht unbedeutenden Verstellungen bei der Hebung der Anden im Tertiär (Abb.27).

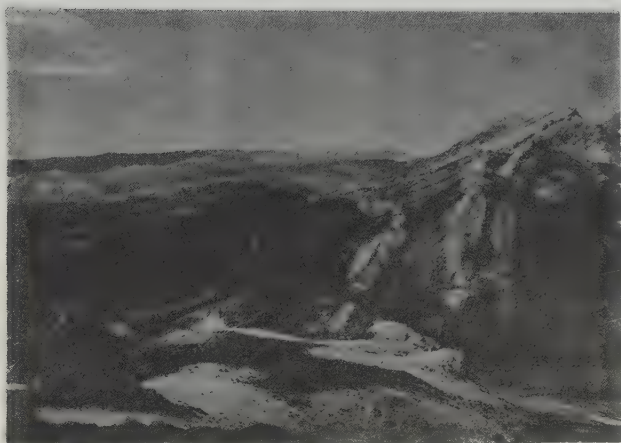


Abb.27: Durch die Andenhebung aufgestellte Schichten des Deckgebirges im Bereich des Río Oro (Photo H.MILLER)

3.2.4 Río Oro

Im Bereich des Río Oro finden sich Serizitquarzite und Quarzphyllite, die eng miteinander wechsellagern. Diese Gesteinsabfolge ist kräftig tektonisch beansprucht, sodaß der Großbau nicht leicht zu klären ist.

Die variszischen Hauptfalten streichen ca. 35° und fallen vornehmlich mit 20° nach Norden ein (Abb.28). In den Bereichen, die nahe der überlagernden mesozoischen Vulkanite liegen, treten entweder sehr steile bis senkrechte oder völlig regellos streichende Faltenachsen auf. Sie wurden während der andinen Orogenese verstellt; sehr deutlich wird diese Verkipfung auch in horizontal liegenden ac-Klüften sichtbar. Die Rückformung dieser Klüfte um eine N-S-gerichtete Achse - entsprechend der Achse der andinen Randflexur -

ergibt eine Lage, die nicht zu den gemessenen variszischen b-Achsen paßt. Entweder wurden die Gesteine zweimal verstellt oder diese ac-Klüfte gehören einer anderen Faltung an.

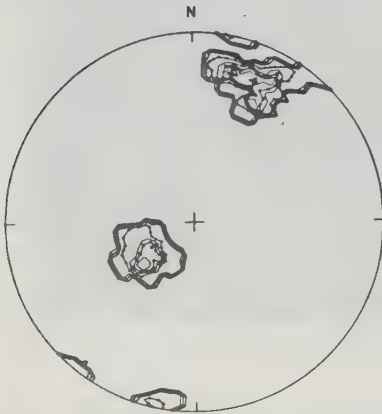


Abb.28: Río Oro
29 b-Achsen
1-3-5-10-15-20-
25-30%

3.2.5 Lago Chacabuco

Im Bereich des Lago Chacabuco treten hauptsächlich Quarzite, außerdem auch Serizitphyllite und Tonschiefer in enger Wechsellagerung auf. Sie bilden meist einen Sattel/Muldenbau, der überwiegend E-Vergenz besitzt.

Die Faltenrichtungen der variszischen Hauptfaltung biegen von Süden nach Norden aus einer 45° -Richtung am Lago Chacabuco in ca. 20° -Richtung am Río del Salto um (Abb.29). Diese Richtungen sind mitunter von einer als Knickfaltung ausgebildeten Querfaltung begleitet.

Es treten außerdem N-S-streichende Faltenachsen auf, die manchmal von E-W-verlaufenden Falten begleitet werden. Die-

se Richtungen stimmen gut mit den bei Cochrane und am Lago Cochrane ermittelten jüngeren Faltenrichtungen überein.



Abb.29: Lago Chacabuco
108 b-Achsen.
1-3-5-10%

3.2.6 Lago Vargas

Vorherrschende Gesteine am Lago Vargas sind: geringmetamorphe Tonschiefer, Sandsteine und Quarzite. Sie stehen in deutlich sedimentärem Verband und sind vom Kleinbereich bis zum Großbereich miteinander verfaltet. Mitunter findet sich eine beginnende Schieferung, die mit der Schichtung einen Winkel von 20° einschließt.

Die variszische Hauptfaltung streicht N-S (Abb.30). Die Achsen tauchen flach bis steil überwiegend nach Norden ein (bis 70°). Daneben finden sich E-W-streichende Achsen, die als Querfaltung gedeutet werden.

3.3 Zusammenfassung

Im Bereich der Formación Lago General Carrera sind die Gesteine durch die variszische Hauptfaltung meist isoklinal

verfaltet und bilden einen E- bis SE-vergenten Großfaltenbau (Abb.31). In ihrem Sütteil streichen die b-Achsen N-S bis NNE-SSW; weiter nach Norden biegen sie nach Osten um und streichen bei Ito.Cristal teilweise 80° . Dies steht im Gegensatz zur Ansicht von ESPINOSA & STAMPUK (1971b, S. 26), die ein Streichen von 345° - 25° als Generalstreichen für dieses Gebiet angeben. Daneben berichten beide von einem weiteren Kleinfalten-Hauptsystem, das 45° und 85° streicht. Wie jedoch eindeutig gezeigt wurde, sind diese NE-SW- bis E-W-gerichteten Achsen nichts anderes als die umbiegende variszische Hauptfaltung (Tafel 4).

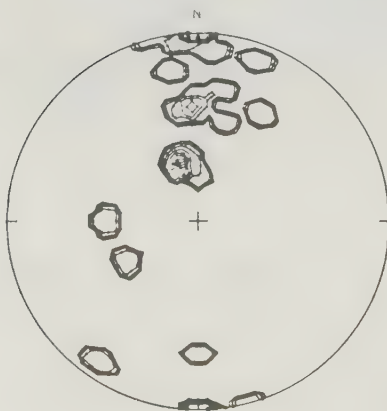


Abb.30: S Lago Vargas
31 b-Achsen
1-3-5-10-15-20-
25-30%



Abb.31: Formación Lago
General Carrera
(Sammeldiagramm)
641 sf-Pole
1-2-3-5%

Auch die Gesteine der Formación Lago Cochrane bilden im Großbereich einen E- bis SE-vergenten Sattel- und Muldenbau (Abb.32); die E- bis SE-fallenden s-Flächen der Abb.32

stammen größtenteils aus dem Ostteil des Gebietes und weisen auf einen Vergenzwechsel hin. Die Falten streichen wie in der Formación Lago General Carrera vorwiegend NNE-SSW und biegen nach NE und sogar nach E um (Abb.33).

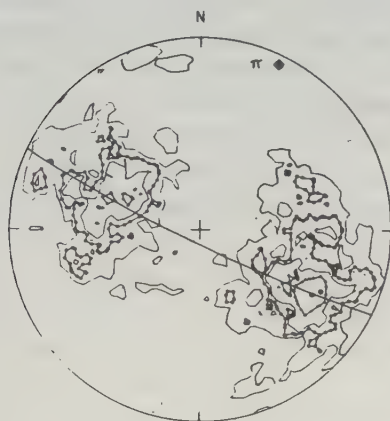


Abb.32: Formación Lago Cochrane (Sammeldiagramm)
823 sf-Pole
1-2-3-5%

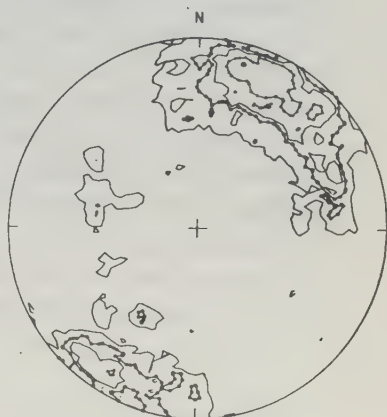


Abb.33: Formación Lago Cochrane (Sammeldiagramm)
1287 b-Achsen
1-2-3-5%

Häufig ist die variszische Hauptfaltung von einer Querfaltung begleitet, die als intensive Knitterung ausgebildet ist. Manchmal stehen ihre Achsen sehr steil, woraus eine schlingenförmige Verstellung der Hauptfalten resultiert.

Nur in der Formación Lago General Carrera finden sich - teils als Lineare und Kleinfalten auf den Flanken der variszischen Falten, teils als Faltung der sedimentären Wechsellagerung - Relikte einer prävariszischen Faltung. Nach Rückformung dieser Falten und Ausrichten der variszischen Falten in den variszischen Großbau zeigen sie eine sehr konstante Streich-

richtung: sie sind bevorzugt NNW-gerichtet, zum Teil streichen sie auch 110° (Tafel 3). Besonders deutlich sind diese Falten in Gesteinsserien, die mit Grünschiefern wechsellaagern (s. auch MILLER 1973b, S. 112), ausgebildet.

Innerhalb der Formación Lago General Carrera an wenigen Stellen, im Bereich der Formación Lago Cochrane jedoch besonders in serizitreichen Lagen und in Tonschiefern sehr häufig, finden sich auffallend richtungskonstante Kleinfalten. Sie streichen ca. N-S (Tafel 5) und sind manchmal von einer Querrichtung begleitet. Sie konnten an einigen Stellen als jünger als die variszische Hauptfaltung identifiziert werden.

4. Alter des Grundgebirges

Aus dem Arbeitsgebiet liegen bisher weder Fossilfunde noch radiometrische Altersbestimmungen vor. Daher kann eine relative Alterseinstufung der Gesteine nur aufgrund lithologischer Vergleiche mit Gebieten, deren Gesteine eindeutig altersmäßig eingestuft wurden, durchgeführt werden.

Die erste Altersdatierung gibt QUENSEL (1911, S. 28). Er gliedert das Gebiet um die Pta. del Mármol in zwei Einheiten. Die Marmore trennt er vom übrigen Grundgebirge ab, dem er paläozoisches Alter zuspricht und stuft sie als mesozoische, diskordant über dem Grundgebirge liegende Schichtfolge ein. Beweise für diese Einstufung hat er ebensowenig wie HEIM (1940, S. 48), der für die Phyllit- und Marmorfolgen ein paläozoisches Alter vermutet.

RUIZ (1946, S. 23f) beschäftigt sich näher mit der Altersstellung des Grundgebirges. Er zieht Vergleiche mit den Gesteinen der Küstenkordillere, die ebenfalls von einer kräftigen Regionalmetamorphose überprägt sind. Die metamorphen Gesteinsserien der Provinz Aisén vergleicht er mit den Schieferen von Mincha in der Küstenkordillere der Provinz Coquimbo (MUÑOZ CRISTI 1942, S. 290). RUIZ schreibt diesen präkambrisches, jedoch mindestens präkarbones oder prädevonisches Alter zu. Das Grundgebirge der Provinz Aisén stellt er entsprechend ebenfalls ins Präkambrium oder höchstens Altpaläozoikum.

Aus dem Gebiet des Lago Pueyrredón beschreibt BORRELLO (1957, S. 871) "alte Gesteine, die wir für Altpaläozoikum oder Präkambrium halten". Er bezieht sich dabei sichtlich auf RUIZ (1946) und übernimmt dessen Alterseinstufung.

Eine völlig andere Datierung bringt KATZ (1962a, S. 21); er stellt die metamorphen Gesteine des Grundgebirges ins Jungpaläozoikum, und zwar aus folgenden Gründen:

- a) die Metamorphose sei nicht sehr stark und nehme nach Süden zum Lago O'Higgins hin weiter ab,
- b) in der Küstenkordillere, etwa 200 bis 300 km SW des Arbeitsgebietes existiere Jungpaläozoikum, das durch Fossilfunde belegt ist (CECIONI 1956). Ungefähr 200 km NE des Arbeitsgebietes finde sich ebenfalls marines Jungpaläozoikum (SUERO 1952); die Lithologie sei in beiden Fällen der des Arbeitsgebietes ähnlich,
- c) es sei wenig wahrscheinlich, daß in diesem Andenstreifen eine so große Schichtlücke zwischen Präkambrium und Mesozoikum existieren könnte.

Diese Alterseinstufung wurde von den weiteren Bearbeitern übernommen. LAHSEN (1967, S. 4) und ESPINOSA & STAMBUK (1971a, S. 3 und 1971b, S. 12) stellen das gesamte metamorphe Grundgebirge aufgrund lithologischer Korrelationen ins Paläozoikum. Erst MILLER (1973b, S. 113) äußert die Vermutung, daß das Gebiet um den Lago General Carrera mindestens prädevonisches Sedimentationsalter habe.

Die eigenen Beobachtungen haben gezeigt, daß das kristalline Grundgebirge im Bereich des Lago General Carrera und des Lago Cochrane in zwei Einheiten gegliedert werden kann; diese beiden Einheiten zeigen einen völlig unterschiedlichen Gesteinsinhalt; die Formación Lago General Carrera stellt eine eugeosynklinale Serie dar, die Formación Lago Cochrane ist eine Abfolge von ausnahmslos klastischen Sedimenten. Beide Serien lassen sich mit im weiteren Bereich des Arbeitsgebietes auftretenden Serien vergleichen.

Aus dem Küstenstreifen von Chiloë Continental beschreiben LEVI et. al. (1966, S. 13ff) zwei deutlich unterscheidbare

Gesteinsserien. Die eine besteht aus Glimmerschiefern und Amphiboliten, die einen Metamorphosegrad zwischen Grünschiefer- und Amphibolitfazies aufweisen. Die Autoren schreiben ihr präsilurisches, wahrscheinlich präkambrisches Alter zu. Die andere besteht aus Tonschiefern und kalkführenden Quarziten, die meist geringmetamorph sind. In ihr wurden bei Buill bereits von BIESE (1954, S. 556) devonische Fossilien gefunden.

FERUGLIO (1949/50 I, S. 36) fordert dagegen für die gesamte Serie metamorpher Gesteine der Küstenregion zwischen 42° und 48° s.Br. zum größten Teil altpaläozoisches und sogar präkambrisches Alter.

Die von LEVI et. al. (1966) aufgestellte Zweiteilung läßt sich auch weiter im Süden beobachten. Im Bereich des Chonos-Archipels unterscheidet MILLER (im Druck) eine grünschieferführende Serie von einer grünschieferfreien. In der geringmetamorphen grünschieferfreien Serie fand MILLER (frd. mdl. Mitt.) im Bereich der Insel Potranca eine Fauna, die eine vorläufige Einstufung ins Obersilur oder Unterdevon zuläßt; eine genaue Bestimmung steht noch aus.

Weiter im Süden - an der Península de Taitao - herrschen vorwiegend Metasedimente von niedrigem Metamorphosegrad vor (ORTIZ 1957, S. 18ff). Südlich davon, am Lago San Martín, wurden aus einer klastischen Serie, die der Formación Lago Cochrane sehr ähnlich ist, devonische Sporen beschrieben (LESTA & FERELLO 1972, S. 606). Südwestlich davon an der Pazifikküste finden sich neben klastischen Sedimenten auch fossilführende Kalke permokarbonen Alters (BIESE 1954, S. 556, CECIONI 1956, S. 187ff, BIESE 1957).

In den neueren Bearbeitungen auf argentinischem Gebiet

(LEANZA 1972, S. 690) wird aufgrund von Fossilfunden für die Metamorphite zwischen Lago General Carrera und Lago San Martín oberdevonisches bis unterkarbonisches Alter gefordert.

Als weitere lithologische Vergleichsmöglichkeiten bieten sich die Randzonen des Nordpatagonischen Massivs in Südargentinien an. So beschreiben STIPANICIC et.al. (1968, S. 76; STIPANICIC 1972, S. 584) Gneise, Glimmerschiefer und Amphibolite, die sie aufgrund ihres hohen Metamorphosegrades und fehlender besserer Argumente ins Präkambrium einordnen. Sie lassen allerdings die Möglichkeit offen, diese Abfolge auch als altpaläozoisch zu deuten. Eine Serie, die aus Phylliten und quarzitischen Schieferen besteht, wird aufgrund ihres geringen Metamorphosegrades von ihnen ins Altpaläozoikum gestellt.

SUERO (1952, S. 374ff) bearbeitete das Gebiet von Tecka, Languiño und Nueva Lubecka im SW des Nordpatagonischen Massivs. Er beschreibt mächtige Sedimentserien verschiedenartiger Tonsteine, Sandsteine und Konglomerate in Flysch- und Molassefazies, die aufgrund von Fossilfunden in einen Zeitraum zwischen Unterkarbon und Oberperm gestellt werden müssen.

Aus der Sierra de Paileman beschreiben STIPANICIC et.al. (1968, S. 77) Kalke, die weder metamorph noch gefaltet sind. Ihre stratigraphische Position ist ungeklärt. Aufgrund verschiedener Überlegungen werden sie zwischen die altpaläozoischen Metamorphite und die eisenerzführende Serie von Sierra Grande gestellt; daraus resultiert ein ordovizisches Alter.

Der Rahmen der Eisenerzlagerstätte Sierra Grande an der

Atlantikküste wurde von BRAITSCH (1965) näher bearbeitet. Es gelang ihm, zwei unterschiedliche Gesteinsserien auszukartieren. Die sogenannte "Liegend-Serie" enthält Ton-schiefer, Grauwacken, Quarzite und verschiedenartige Metabasite. Darüber liegt transgressiv die erzführende Serie, die als klastische Folge sandiger und toniger Gesteine mit einer deutlichen Winkeldiskordanz zur Liegend-Serie ausgebildet ist. Verschiedene Teile der erzführenden Serie sind aufgrund von Fossilfunden altersmäßig gut datierbar. Der Sedimentationszeitraum dauerte mindestens vom Silur bis zum Unterdevon (MÜLLER 1965).

In der Liegendserie wurden von BRAITSCH (1965, S. 705) schwer bestimmbare Brachiopoden gefunden, die sicher nicht präkambrisch sind. Damit bleiben als Alter für diese Serie nur noch Kambrium oder Ordovizium übrig.

Gute Parallelen ergeben sich demnach zwischen der Formación Lago Cochrane und den durch Fossilien eindeutig belegten Serien von Isla Potranca und Buill sowie der Gegend um den Lago San Martín. Es liegt nahe, auch der Formación Lago Cochrane ein überwiegend devonisches Alter zuzuschreiben. Die fossilbelegten Serien auch der chilenischen Küstenregion und vom SW-Rand des Nordpatagonischen Massivs zeigen wenig lithologische Vergleichsmöglichkeiten; deshalb ist ihre Altersdatierung nicht so leicht übertragbar.

Übernimmt man die Zweigliederung von Chiloé Continental und aus dem Chonos-Archipel, so bietet sich für die Formación Lago General Carrera kambro-ordovizisches, vielleicht sogar präkambrisches Alter an. Diese Annahme wird durch die Ähnlichkeit ihres Gesteinsbestandes mit der altpaläozoischen bis präkambrischen, Amphibolit-führenden Serie des Nordpatagonischen Massivs und der kambri-

schen bis ordovizischen, Metabasit-führenden "Liegend-Serie" von Sierra Grande unterstützt. Auch die mutmaßlich ordovizischen Kalke der Sierra de Paileman können unter Umständen mit den Marmoren der Formación Lago General Carrera verglichen werden (s. dazu auch Abb. 34).

Neben der Möglichkeit einer altersmäßigen Einstufung der Gesteine des Arbeitsgebietes aufgrund lithologischer Vergleiche mit fossilbelegten Serien besteht die Möglichkeit einer Einstufung durch radiometrische Altersbestimmungen. Aus dem engeren Arbeitsgebiet sind bisher keine Altersdatierungen an Metamorphiten vorgenommen worden, jedoch liegen einige aus dem Bereich der Küstenkordillere zwischen Santiago und Pto.Montt vor (GONZALEZ-BONORINO 1967, MUNIZAGA 1967, CORVALAN & MUNIZAGA 1972, MUNIZAGA et.al. 1973, HERVE et.al. 1974). Sie erbrachten fast ausnahmslos oberpermisches Alter der letzten Metamorphose. GONZALEZ-BONORINO & AGUIRRE (1970, S. 992) folgern aus Rb-Sr-Bestimmungen als Sedimentationsalter frühes Unterkarbon. Sie stellen die Existenz eines präkambrischen kristallinen Grundgebirges in Chile in Abrede. Dagegen äußert MILLER (1970, S. 50 und 1973a, S. 80) die Ansicht, daß es sich bei den radiometrischen Alterszahlen um Metamorphosealter handelt, die sich aufgrund von Verjüngungsprozessen während der variszischen Orogenese ergeben. Wegen der vielfältigen Metamorphose und Verformungsgeschichte der Gesteine postuliert er zumindest für einen Teil des Grundgebirges ein prädevonisches Alter. Diese Forderung wird erhärtet durch CORVALAN & MUNIZAGA (1972), die für Metamorphite und Granite aus der Küstenkordillere bei Valparaíso Altersdatierungen der Silur/Devon-Grenze anführen.

Aus der Sicht meines Arbeitsgebietes muß der Ansicht von GONZALEZ-BONORINO & AGUIRRE (1970) ebenfalls widersprochen werden. Wie bereits oben erwähnt, sind die Gesteine der Formación Lago Cochrane gut mit fossilführenden Serien korrelierbar, denen obersilurisches bis devonisches Alter zukommt. Nachweislich älter als diese ist die Formación Lago General Carrera (Kap.3.3); ihr Gesteinsinhalt ist vergleichbar mit altpaläozoischen bis präkambrischen Serien. Ein karbonisches Sedimentationsalter kann zumindest für diese Gesteine nicht in Frage kommen.

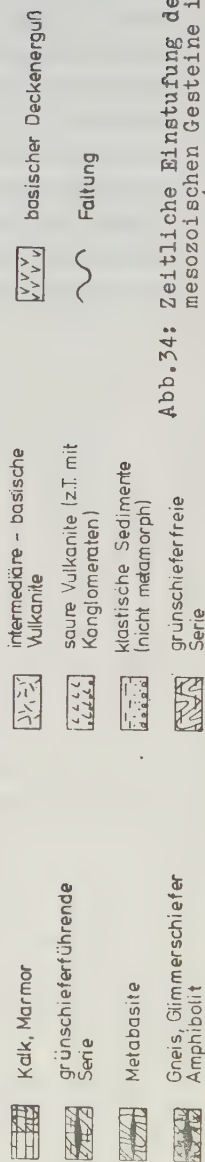
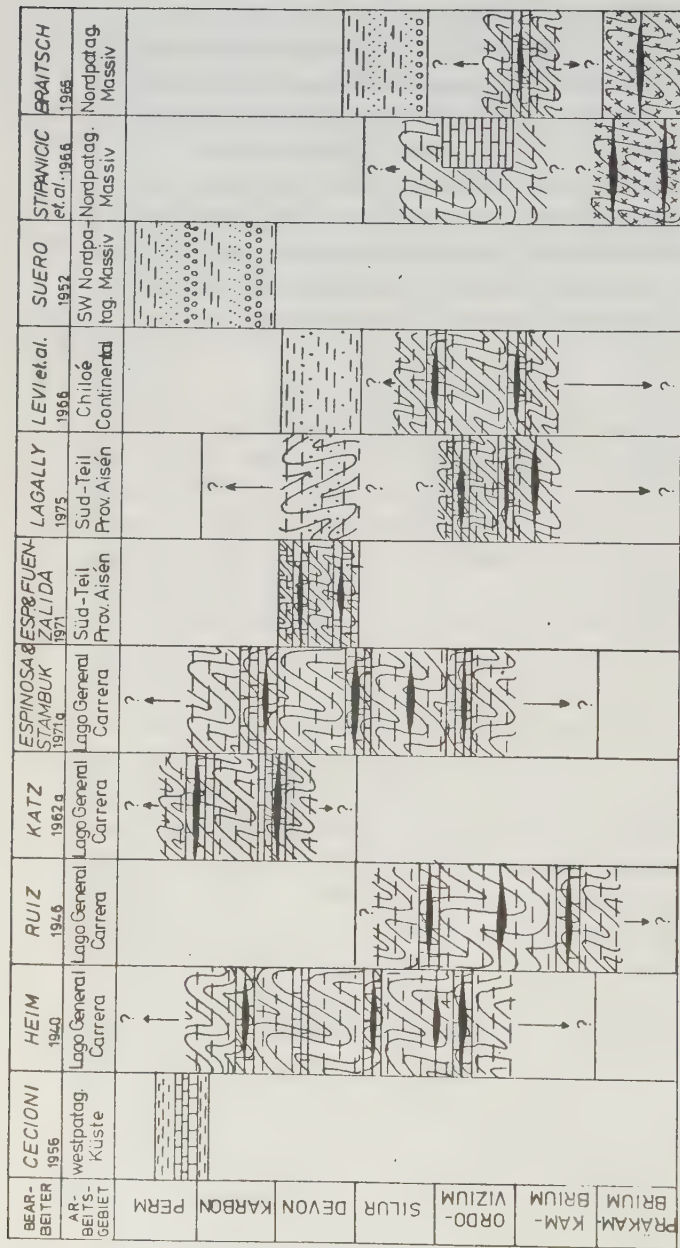


Abb. 34: Zeitliche Einstufung der prä-meso- und mesozoischen Gesteine in Patagonien. (Legende auch für Abb. 63)

5. Postvaristikum

Das Arbeitsgebiet liegt südlich des Massivs von Nahuel Huapi im Randbereich der Magallanes-Geosynklinale, die sich ab dem Jura ausbildet. Nach Ansicht früherer Bearbeiter beginnt sie bei ca. 42°s.Br. (CORVALAN 1965), jedoch weisen neuere Untersuchungen dieses Gebiet als Übergangszone aus (VICENTE 1970, MILLER 1973a); die eigentliche Geosynklinale erstreckt sich etwa von 48°s.Br. bis zu den Südantillensinseln Südgeorgiens (MILLER 1967a, S.652).

Über dem metamorphen Grundgebirge beginnt die Geosynklinallserie mit jurassischen, überwiegend sauren Vulkaniten. Darüber folgen in der Unterkreide stellenweise sandig-tonigmergelige Sedimente, die in der Oberkreide von intermediären Vulkaniten abgelöst werden. Das Tertiär besteht aus einer teils marinen, teils kontinentalen, oft auch vulkanischen Abfolge. Sie wird manchmal von basischen Deckenergüßen überlagert.

Das Deckgebirge ist in diesem Bereich, im Gegensatz zu gleichalten Schichten der Anden- oder auch der Magallanes-Geosynklinale, nicht oder nur unbedeutend gefaltet. Die tektonischen Prozesse in den beiden Orogenteilen haben sich in diesem Übergangsgebiet nur schwach ausgewirkt.

Innerhalb des Arbeitsgebietes gliedern sich die postvariszischen Gesteine in das geschichtete Deckgebirge, Intrusionskörper und vulkanische Gänge. Die zeitliche Einstufung der Vulkanite ist problematisch, da die einzelnen Vorkommen häufig isoliert sind und kein Zusammenhang zu Coihaique besteht, wo die gesamte mesozoische Abfolge vorliegt. Zudem ist das einzige fossilbelegte, mesozoische Schichtglied, die Formación Coihaique, im engeren Arbeitsgebiet nur in einem kleinen, isolierten Streifen am Unterlauf des Río Oro vorhanden.

Es wäre einer genaueren Untersuchung wert, inwieweit die Parallelisierung des Deckgebirges im Untersuchungsgebiet mit den bekannteren Verhältnissen um Coihaique und im argentinischen Grenzgebiet überhaupt sinnvoll ist. Als wesentlicher Unterschied deutet sich die durch frühkretazische Erosion oder primär geringere Mächtigkeit bedingte Mächtigkeitsverringering der Formaci6n Quemado nach Westen an. Außerdem wäre zu klären, ob der Chemismus der verschiedenen Vulkanitabfolgen innerhalb der Serien konstant ist oder ob er so starken Schwankungen unterworfen ist, daß eine Identifizierung der Gesteinsserien nach ihrem Chemismus nicht möglich ist.

5.1 Sedimente und Vulkanite des Deckgebirges

5.1.1 Basisbildungen der Formaci6n Quemado

5.1.1.1 Brekzien

An der Grenze zwischen Grundgebirge und Formaci6n Quemado treten oft Brekzien und Konglomerate auf, deren Bestandteile sowohl aus dem Grundgebirge als auch aus der Formaci6n Quemado stammen. Diese Übergangszone ist im Arbeitsgebiet bis ca. 15 m mächtig. Ihre Komponenten sind überwiegend Quarz, daneben auch gefaltete Serizit- und Quarzphyllite, die nahezu keine Einregelung erkennen lassen. Die meist nur kantengerundeten Gerölle mit Korndurchmessern bis zu 10 cm sind undeutlich in grob- und feinkörnige Partien geschichtet. Vulkanitgerölle, die meist gut abgerollt sind, machen weniger als 1% der Gesteinskomponenten aus.

Ähnliche Basisbildungen werden auch von anderen Teilen der Magallanes-Geosynklinale beschrieben (QUENSEL 1911, MILLER 1970).

5.1.1.2 Grauwacke

Die Quarzphyllite an der Westseite der Bahía Murta werden an einer Stelle - ca. 3,5 km südlich der Isla Rivera - von einer Spalte durchschnitten, die nachträglich mit Sediment verfüllt worden ist. Die Spalte ist über eine Länge von ca. 10 m aufgeschlossen; in diesem Bereich schwankt die Mächtigkeit ihrer Füllung zwischen 2 und 10 cm (Abb.35).

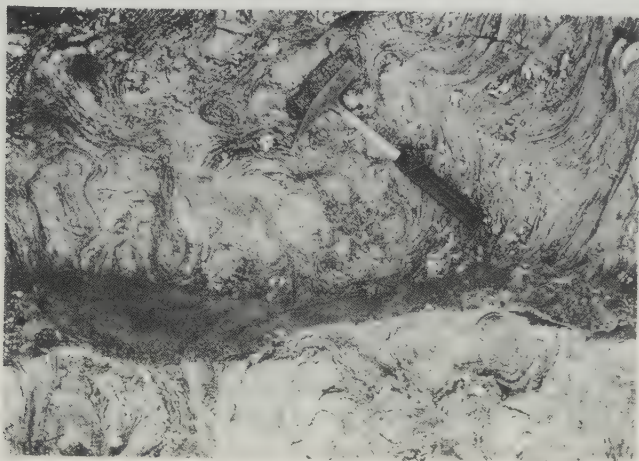


Abb.35: Grauwacke als Spaltenfüllung in Quarzphyllit. W-Seite Bahía Murta

Bei dem Sediment handelt es sich um ein dunkelgraues, fast schwarzes, feinkörniges Gestein, das mitunter größere Quarzkomponenten führt. Diese Quarze sind schlecht abgerollt, zum Teil auch eckig; sie erreichen Durchmesser bis zu 1 cm.

Unter dem Mikroskop:

Quarz 30-35%	Titanit
Muskovit 15-25%	Biotit
Karbonat 10-20%	Pyrit
Albit 10-15%	graphitische Substanz
Kalifeldspat 5-10%	Epidot
Chlorit 5%	z.T. hoher Gehalt an opaken Erzmineralien

Unter dem Mikroskop zeigt sich ein klastisches Gefüge, in dem vorherrschend eckige Komponenten verschiedener Größe auftreten. Es sind dies Quarz, Kalifeldspat, Albit, Muskovit, Karbonat, Mg-Fe-Chlorit und Biotit. Manchmal sind abgerollte Körner und Gesteinsbruchstücke zerbrochen und mit Fe-Mg-Chlorit verheilt. Die Feldspäte sind kantengerundet und serizitisiert. Mitunter kommen verbogene Biotittafeln vor, die größtenteils in Fe-Mg-Chlorit umgewandelt sind. Außerdem finden sich neugesproßte Muskovite und Mg-Fe-Chlorite, die keinerlei Einregelung erkennen lassen. Die Pyritkristalle sind selten idiomorph, meist randlich korrodiert und abgerollt. Opake Erzmineralien machen einen Anteil von bis zu einigen Prozent aus.

Das Aufklaffen dieser Spalte erfolgte vermutlich im frühen Mesozoikum, als diese Teile des Grundgebirges der Erosion ausgesetzt waren. Als Ursache können Erdbeben, die im Zusammenhang mit der im Oberjura einsetzenden vulkanischen Tätigkeit stehen, angenommen werden. Da vulkanischer Detritus im Sediment fehlt, ist die Spalte wahrscheinlich vor der Ablagerung der Vulkanite verfüllt worden. Ein weiterer Transportweg ist aufgrund der überwiegend eckigen Komponenten auszuschließen.

Ähnliche Erscheinungen werden auch aus anderen Gebieten beschrieben. Sie sind weder an ein bestimmtes Gestein noch an ein bestimmtes Alter gebunden. Sie finden sich in mesozoischen Sedimentserien ebenso wie im präkambrischen Grundgebirge. Ihre Entstehung kann mit verschiedenen Mechanismen erklärt werden. Neben der Verfüllung offener Spalten in Sedimentgesteinen (z.B. GANSS 1938, S. 588, ZEIL 1958, S. 441) oder im kristallinen Grundgebirge (z.B. HARMS 1965, S.

992f), die im aerischen oder aquatischen Bereich abgelau-
fen ist, kann auch ein Einpressen ins Liegende oder Han-
gende unter hohem Druck vorkommen, wie z.B. v.SPERBER (im
Druck) jüngst aus dem Präkambrium Brasiliens berichtete.

5.1.2 Formación Quemado

Der Name "Formación Quemado" stammt aus dem Bereich der Pro-
vinz Magallanes und wurde für eine Vulkanitserie von über-
wiegend saurem Chemismus geprägt. Es handelt sich um rhyo-
lithische bis dazitische Tuffe, Brekzien, Ignimbrite, z.T.
auch Pillow-Laven. Synonym mit dieser Bezeichnung sind die
Begriffe "Formación Elizalde" und "Formación Tobífera".

Diese Vulkanitserie lagert diskordant auf dem metamorphen,
gefalteten Grundgebirge bzw. konkordant auf den Basalbil-
dungen. Die Auflagerungsfläche ist selten eben. Nach ESPI-
NOSA & FUENZALIDA (1971, S. 16) kann die Formación Elizal-
de zwischen Lago General Carrera und Coihaique eine Mäch-
tigkeit von über 800 m erreichen.

Im engeren Arbeitsgebiet ist diese Folge zum Teil nur weni-
ge Meter mächtig, manchmal lagern auch Vulkanite vom Typ
der Formación Divisadero direkt dem Grundgebirge auf (z.B.
W-Seite der Bahía Murta, E von Pto.Guadal).

Häufig finden sich sedimentäre Einlagerungen in den Vulkani-
ten. SW von Cochrane treten dünne Sandsteinlagen, Karne-
olhorizonte und bis zu 70 m mächtige Kalklagen auf, die
überwiegend brekziös ausgebildet sind. Diese Kalke sind ver-
mutlich lagunäre Bildungen.

Östlich von Pto.Guadal sind die Vulkanite bis auf ihre sub-
vulkanischen Kerne erodiert. Dort finden sich in Stöcken
und langgestreckten Zügen Rhyolithe, die manchmal säulige
Absonderung zeigen (Abb. 36).



Abb.36: Säulige
Absonderung von Rhyo-
lith. 2 km E Pto.Gua-
dal (Photo H.MILLER)

Die Vulkanite der Formaci3n Quemado sind nicht verfaltet; häufig sind sie durch Verwerfungen in einzelne Blöcke zerlegt, die generell schwach nach Osten einfallen.

5.1.3 Formaci3n Coihaique

Die im engeren Arbeitsgebiet nur randlich auftretende Formaci3n Coihaique liegt teils konkordant, teils diskordant über der Formaci3n Quemado. Sie besteht aus schwarzen Schiefern und Sandsteinen; daneben kommen auch bituminöse Kieselkalke vor (WETZEL 1960, S. 247). Diese sedimentäre Abfolge

ist fossilführend. Der Fossilinhalt besteht vorzugsweise aus Ammonoideen und Lamellibranchiaten, die ein oberjuras-sisches bis unterkretazisches Alter haben (REYES 1970, S. 5, CECIONI & CHARRIER 1974, S. 24).

Am Südufer des Lago Pueyrredón findet sich eine unter- bis mittelkretazische marine Serie (RIGGI 1957, S. 75), die über Rhyolithe des Jura transgrediert und aus Konglomeraten, Sandsteinen und Tonschiefern besteht. In dieser Serie kommt eine reiche Fauna vor, die in einen Zeitraum von Neokom bis Apt-Alb einzuordnen ist. Mit ziemlicher Sicherheit kann gesagt werden, daß diese Serie der Formación Coihaique äquivalent ist (CECIONI & CHARRIER 1974, S. 11). Im Hangenden geht sie konkordant in Konglomerate, Sandsteine und Tuffe über, die RIGGI und FERUGLIO (1949/50, I, S. 234) als Chubutense, also Oberkreide, einordnen.

5.1.4 Formación Divisadero

Über der Formación Coihaique folgt eine vornehmlich vulkanische Serie von überwiegend andesitischer Ausbildung, welche HEIM (1940, S. 28) nach der Typlokalität "Cerro Divisadero" bei Coihaique als Formación Divisadero bezeichnet hat. Sie setzt sich aus einer bunten Serie von Kristalltuffen, Ignimbriten, vulkanischen Brekzien, Laven (z.T. auch Pillow-Laven), Sandsteinen und Konglomeraten zusammen. Generell zeigt sie eine gute Schichtung; ihre Mächtigkeit erreicht an der Typlokalität mindestens 720 m (ESPINOSA & FUENZALIDA 1971, S. 22). Aufgrund der konkordanten Lagerung auf den Gesteinen der Formación Coihaique kommt ihr als Höchstalter Hauterive zu.

Im Arbeitsgebiet wurden Gesteine der Formación Divisadero mit einiger Sicherheit nur im Bereich westlich von Bahía Murta gefunden. Über einem meist geringmächtigen Horizont

von Gesteinen der mutmaßlichen Formación Quemado folgt zunächst ein Konglomerat, dessen Bestandteile - vorwiegend gut abgerollte Vulkanite - etwa walnußgroß sind. Die Mächtigkeit dieses Konglomerathorizontes schwankt zwischen einigen Dezimetern und einem Meter (Abb.37).

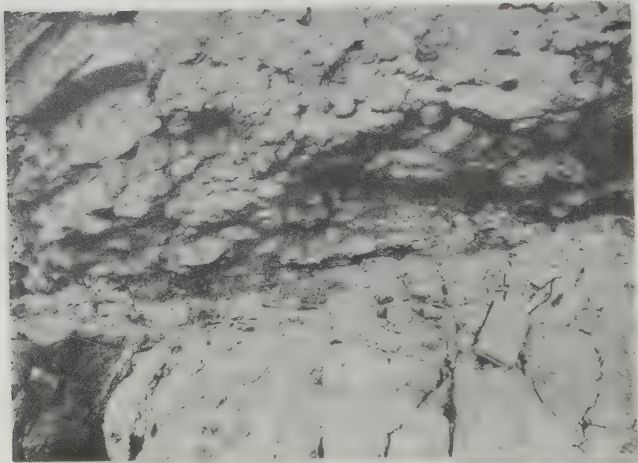


Abb.37: Konglomerathorizont innerhalb der Vulkanite des Deckgebirges. Ca.2 km NW Pto.Tranquilo. Maßstab Streichholzsachtel.

An anderer Stelle folgt über tiefgründig verwittertem Rhyolith, der der Formación Quemado zugesprochen wird, ein Grobkonglomerat, dessen Komponenten schlecht gerundet sind; sie erreichen einen Durchmesser von bis zu 0,5 m. Die Mächtigkeit des Horizontes beträgt 1,5 m. Darüber folgen ca.3 m Feinkonglomerat, das aus gut bis mäßig gerundeten Geröllen besteht. Als Komponenten finden sich neben Rhyolithen auch Serizitschiefer und Quarzphyllite des Grundgebirges. Die Grundmasse des Konglomerates ist sandig und zeigt keinerlei Schichtung. Teilweise füllen diese Konglomerate ein Relief

aus, das eine Neigung von maximal $\text{ca. } 25^\circ$ hat. Über den Konglomerathorizonten setzt eine mächtige vulkanische Serie von intermediärem Chemismus ein, in die in bestimmten Schichten viele Lapilli eingeschaltet sind (Abb.38).

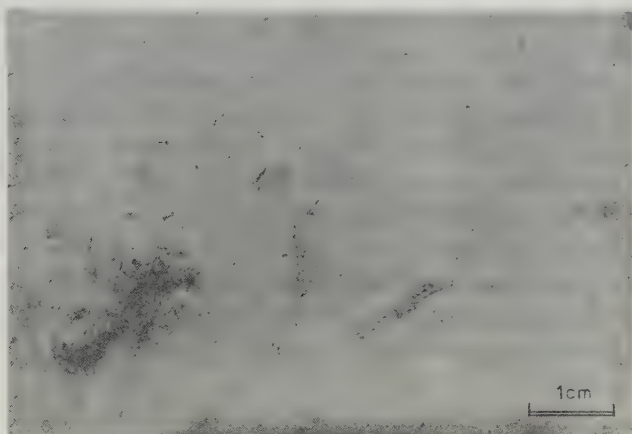


Abb.38: Eiförmiger Einschuß in Rhyolith. 2 km NW Pto. Tranquilo.

Die Gesteine der Formación Divisadero zeigen wie die Gesteine der Formación Quemado nur geringe tektonische Beanspruchung. Im Gebiet westlich von Pto. Tranquilo scheinen sie leicht eingemuldet, wobei die Muldenachse ca. N-S streicht. Andernorts sind einzelne Schichtpakete von Verwerfungen durchsetzt und leicht nach Osten verkippt.

5.1.5 Formación Guadal

Südöstlich von Pto. Guadal, zwischen Lago General Carrera und Valle Chacabuco, findet sich eine marine bis kontinentale Sedimentserie, die aufgrund von Fossilfunden in das

Oligozän-Miozän eingestuft wird. Nach KATZ (1962a, S. 26) bilden am Río Chacabuco Gesteine, die den höheren Teilen der Formación Divisadero entsprechen, die Basis dieser Serie.

Bei Pto. Guadal ist über dem Grundgebirge eine ca. 120 m mächtige Folge von kontinentalen Sandsteinen und Tuffen ausgebildet. Darüber folgt eine marine Serie von Sandsteinen und Mergeln, die in ihrem oberen Teil wieder in kontinentale Fazies übergeht. Die Mächtigkeit dieses Sedimentpaketes beträgt etwa 1000 m.

Das ausgedehnte Areal dieser Sedimente ist zu einer sanften Mulde gefaltet. Die Muldenachse streicht ungefähr N-S und taucht schwach nach N ein (vgl. auch LAHSEN 1967, S. 14).

5.1.6 Zusammenfassung

Das Deckgebirge im Gebiet zwischen Lago General Carrera und Lago Cochrane ist im Vergleich zur weiteren Umgebung lückenhaft ausgebildet. Die Schichtfolge beginnt mit der Formación Quemado, die jedoch selten typisch sauren Chemismus besitzt und auch keine großen Mächtigkeiten erreicht. An ihrer Basis findet sich manchmal ein Konglomerat, das sich aus Komponenten des Grundgebirges unter sehr geringer Beteiligung von Vulkaniten zusammensetzt. Darüber folgt diskordant und oft durch einen Konglomerathorizont abgetrennt die intermediäre Serie der Formación Divisadero. Nur in einem Aufschluß tritt ein Äquivalent zur Formación Coihaique auf. Teils konkordant, teils diskordant überlagern marine und kontinentale Sedimente des Oligozäns-Miozäns die mittel- bis oberkretazischen, vielleicht auch alttertiären Vulkanite der Formación Divisadero.

Die Gesteine des Deckgebirges sind mit Ausnahme der subandinen Zone am Lago Pueyrredón tektonisch nur schwach beansprucht. Sehr selten zeigen sie eine sanfte Faltung im km-Bereich, meist sind sie in einzelne Schollen zerlegt, die generell flach nach E einfallen. Im Bereich der Randflexur am Lago Pueyrredón sind die Schichten des Deckgebirges an einer N-S-streichenden Flexur bis in die Vertikale aufgerichtet (s. auch Abb.27, Tafel 2).

5.2 Intrusivgesteine

Die Westgrenze des Arbeitsgebietes bildet die Granitintrusion des sogenannten mesozoischen Andenbatholithen. Weitere Vorkommen dieser magmatischen Gesteine finden sich westlich und östlich von Pto.Cristal und an der Südgrenze des Gebietes. Der steil aufragende, markante Gebirgsstock des Cerro San Lorenzo (3700 m) wird ebenfalls von Granit gebildet.

Eine detaillierte Beschreibung der Plutonite aus dem Bereich des Río Delta liefert HEIM (1940, S. 40). Er beschreibt einen Hornblende-Biotit-Granit, den er dem bei Pto. Aisén auftretenden gleichsetzt. Weiterhin berichtet er von nach W hin an Häufigkeit zunehmenden Dioriten und Gabbros. Diese Intrusivgesteine haben zu den angrenzenden Metamorphiten klar definierte Grenzen. Besonders am Río Murta finden sich jedoch auch fließende Übergänge von Graniten zu Metamorphiten, sowie Migmatite.

Außer in metamorphe Gesteine des Grundgebirges intrudieren die Granite auch in Vulkanite der Formación Quemado und in Sedimente und Vulkanite der unteren Kreide (ESPINOSA & STAMBUK 1971b, S. 22).

Die Intrusiva zeigen eine große Variationsbreite. Vom Alkaligranit bis zum Diorit finden sich sämtliche Zwischenglieder

der, die von verschiedenen Bearbeitern als Differenziationsprodukte eines Magmas angesprochen werden. Eine detaillierte Beschreibung des Intrusivkomplexes im Bereich des 45. Breitengrades liefert STIEFEL (1970, S. 968ff).

Das Intrusionsalter der Granite des Arbeitsgebietes ist bislang ungeklärt, da neben stratigraphischen Hinweisen auch eindeutige radiometrische Altersbestimmungen fehlen. Die aus dem Gebiet südlich des 50. Breitengrades vorliegenden Altersdatierungen ergeben drei Intrusionsphasen, die zwischen Oberjura und mittlerem Tertiär liegen (HALPERN 1973, S. 2414).

5.3 Vulkanische Gänge

Vulkanische Gänge treten besonders häufig im Bereich von Cochrane, Río Baker, Pto.Bertrand, Desague, Pto.Guadal, Pto. Sánchez und Pto.Cristal auf. Meist sind sie zwischen 0,5 m und 5 m mächtig. Sie finden sich vorzugsweise im Grundgebirge, daneben aber auch innerhalb der Granitkomplexe und nach ESPINOSA & STAMBUK (1971b, S. 25) auch im überlagernden Deckgebirge.

Innerhalb der Metamorphite des Grundgebirges folgen die vulkanischen Gänge vorgegebenen Flächen. Teilweise dringen sie in das Schichtgefüge ein, meist aber verlaufen sie in Kluftrichtungen.

Neben den andesitischen finden sich in der Umgebung von Cochrane auch rhyolithische Gänge, die in ihrem Phänotyp den Gesteinen der Formación Quemado sehr ähnlich sind. Vereinzelt durchschlagen sie die andesitischen Gänge.

Eine genaue Altersdeutung dieser vulkanischen Gänge ist nicht möglich. Da sie sich sowohl im Grundgebirge, als auch in den überlagernden, mesozoischen Schichten und in den Granitkomplexen befinden, kann nur jeweils ihr relatives Alter zu den Nebengesteinen angegeben werden.

6. Bruchstrukturen

6.1 Klüfte

6.1.1 Kluftsysteme im Grundgebirge

In verschiedenen Bereichen des Grundgebirges wurden Kluftmessungen durchgeführt. Die Meßbereiche wurden klein gehalten, um den Einfluß sekundärer Verstellungen möglichst ausschließen bzw. rückformen zu können. Die Kluftmessungen wurden zunächst mit Hilfe des Schmidt'schen Netzes ausgewertet; da jedoch die Klufttrichtungen mit den Photolineamenten verglichen werden sollten, wurde aus Gründen der besseren Anschaulichkeit hier der Darstellung als Streichrose der Vorzug gegeben.

6.1.1.1 Formaci3n Lago General Carrera

Im Bereich der Formaci3n Lago General Carrera wurden SW der Isla Rivera, bei Pto. Tranquilo, SW von Pta. del M3rmol, bei Pto. Guadal und im Bereich von Desague Klüfte eingemessen. Dabei zeigte sich, daß die Kluftsysteme eng mit der variszischen Orogenese in Zusammenhang stehen.

In der Bahía Murta zeigt sich eine normale Kluftanordnung (Abb.39). Sehr häufig sind ca. 100° -streichende ac-Klüfte; b-parallele Klüfte streuen um 10° , Scherklüfte liegen bei 55° und 140° .

Bei Pto. Tranquilo ändert sich das Bild etwas (Abb.40). Die gemessene b-Achse streicht hier 155° , die zu ihr senkrecht stehenden, 70° -streichenden Klüfte werden als ac-Klüfte angesprochen. Ebenso wie 30° -streichende Scherklüfte sind sie mit Quarz verheilt. Außerdem finden sich noch Klüf-

te bei 10° , 105° und 155° , wobei letztere als bc-Klüfte der variszischen Faltung identifizierbar sind.

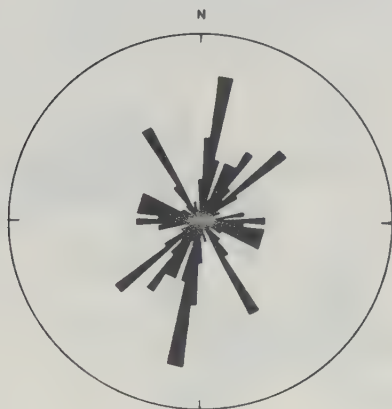


Abb.39: W-Seite Bahía Murta
Meßbereich 282
69 Klüfte

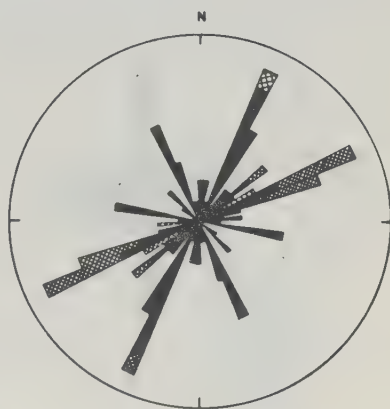


Abb.40: 1 Km SW Pto.
Tranquilo
Meßbereich 275
70 Klüfte
quarzgef.Kl.

Das Kluftgefüge SW von Pta. del Mármol ist gekennzeichnet durch das starke Zurücktreten der Scherklüfte und eine deutliche Streuung der ac-Klüfte (Abb.41); es entstehen zwei Maxima, die bei 85° und 100° liegen. Die Scherklüfte streichen 65° und 120° .

Im Bereich von Pto. Guadal wird das Bild schwer erklärbar (Abb.42). Neben ac-Klüften (50°), bc-Klüften (150°) und Scherklüften bei 10° und 25° findet sich ein ausgeprägtes Kluftmaximum zwischen 75° und 100° ; die 100° -streichenden Klüfte sind eindeutig Scherklüfte der variszischen Faltung.

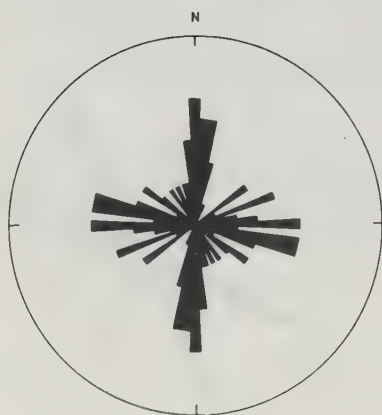


Abb.41: 4 Km SW Pta. del
Mármol
Meßbereich 287
77 Klüfte

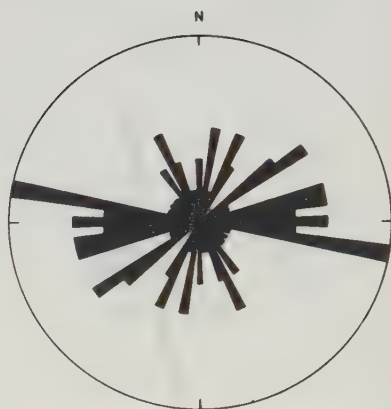


Abb.42: Insel 3,5 Km N
Pto. Guadal
Meßbereich 184
60 Klüfte

N von Desague sind die variszischen ac-Klüfte sehr deutlich ausgeprägt (Abb.43); sie streichen 115° . Dazu finden sich zwischen 35° und 65° streuend Scherklüfte und sehr selten 15° -streichende bc-Klüfte. Ein deutliches Maximum findet sich bei 95° .

6.1.1.2 Formación Lago Cochrane

Innerhalb der Formación Lago Cochrane wurden im Valle Chacabuco, bei Cochrane, Pilqueman und am Lago Brown Klüfte gemessen. Auch hier sind die meisten Klüfte problemlos der variszischen Orogenese zuordenbar. Die Auswertung ergibt folgendes Bild:

Im Valle Chacabuco (Abb.44) findet sich ein deutliches Kluftmaximum bei 155° ; diese Richtung entspricht der ac-Richtung der gemessenen Faltengefüge. Außerdem treten deutliche Maxima bei 20° und 120° (Scherklüfte) sowie bei 35° und 95° auf.

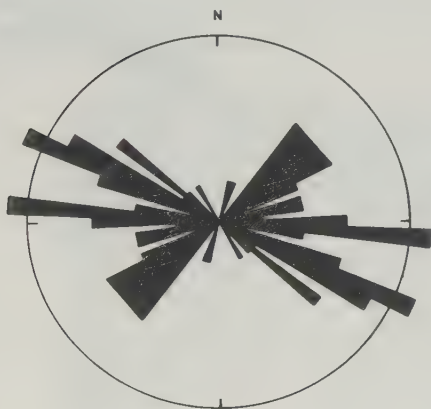


Abb.43. Landspitze 2 Km N Desague
Meßbereich 192
52 Klüfte

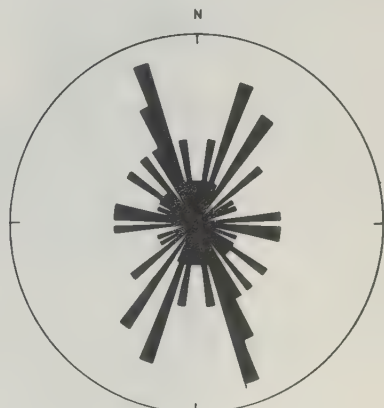


Abb.44. Asentamiento
Valle Chacabuco
Meßbereich 18
44 Klüfte

Im Gebiet N von Cochrane ist das variszische Kluftgefüge gut ausgebildet (Abb.45). Neben ac-Klüften, die um 115° streuen, finden sich bc-Klüfte bei 20° und Scherklüftenscharren bei 155° und 60° ; ein sehr scharfes Maximum liegt bei 135° .

Bei Pilqueman sind fast nur ca. 65° -streichende ac-Klüfte ausgebildet, die zu einer NW-gerichteten b-Achse gehören (Abb.46). Untergeordnet finden sich Klüfte, die 0° und 50° streichen.

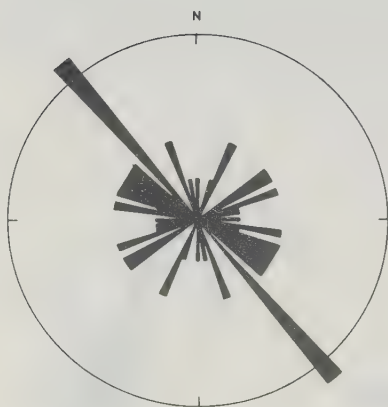


Abb.45: Flugplatz Cochrane
Meßbereich 37
34 Klüfte



Abb.46: Pilqueman
Meßbereich 100
50 Klüfte

Die Abhängigkeit des gemessenen Kluftgefüges von der variszischen Faltentektonik zeigt sich auch am Lago Brown. (Abb. 47). Deutlich ausgeprägt ist die ac-Richtung (120°); bc- und Scherrichtungen sind nur undeutlich, 60° - und 140° -streichende Klüfte jedoch sehr kräftig ausgebildet.

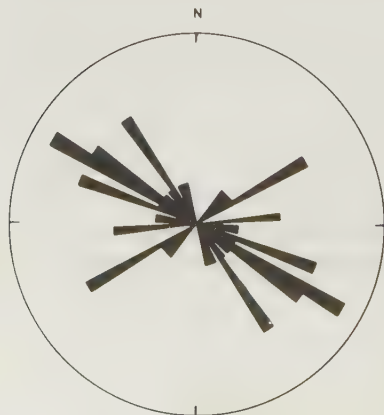


Abb.47: N-Ufer Lago Brown
Meßbereich 113
30 Klüfte

6.1.2 Kluftsysteme in Vulkaniten

An einigen Stellen wurden innerhalb vulkanischer Gänge, die das Grundgebirge durchschlagen, sowie in Vulkaniten des Deckgebirges Klüfte gemessen. Diese Messungen dienten dem Zweck, eine eventuelle jüngere tektonische Beanspruchung zu erfassen. Daß eine jüngere Beanspruchung besteht, wurde an einigen Stellen bemerkt, wo Klüfte aus den vulkanischen Gängen in das angrenzende Grundgebirge setzen (Abb.48).

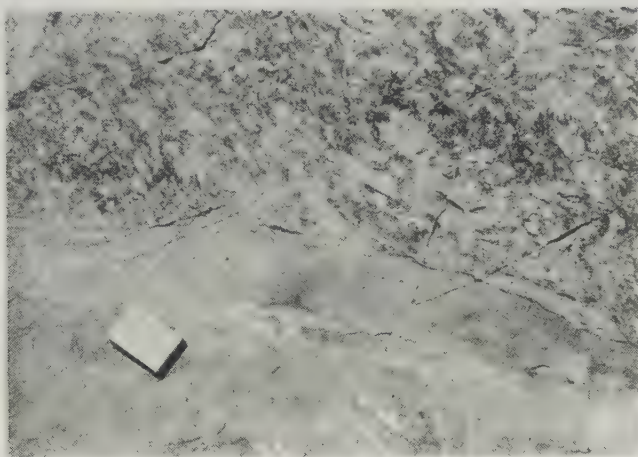


Abb.48: Klüfte, die sich von einem Andesitgang aus im Grundgebirge fortsetzen. Ortsbereich Pto.Cristal. Maßstab Streichholzschachtel

Bei der Auswertung dieser Kluftmessungen mußten zunächst die Abkühlungsklüfte eliminiert werden. Das geschieht auf folgende Weise: Es kann vorausgesetzt werden, daß die vulkanischen Ganggesteine beim Abkühlen Säulen bilden, die auf der Abkühlungsfläche, also der Gangbegrenzungsfläche, senkrecht stehen. Damit liegen die Flächennormalen der Ab-

kühlungsklüfte in einer Ebene, die - bei Darstellung im Schmidt'schen Netz - mit der Gangbegrenzungsfläche identisch ist. Des weiteren entstehen Abkühlungsklüfte, die senkrecht zur Längserstreckung der Säulen stehen. Ihre Flächennormale ist gleich der Normalen der Gangbegrenzungsfläche. Somit sind Flächenpole, die bei der Darstellung im Schmidt'schen Netz im Bereich des Großkreises der Gangbegrenzungsfläche oder ihres Poles zu liegen kommen, als Abkühlungsklüfte anzusprechen. Etwaige verbleibende Flächen verdanken ihre Entstehung einem anderen Vorgang als der Abkühlung.

Im Bereich der Formación Lago General Carrera wurde ein Aufschluß in der Nähe von Desague untersucht (Abb.49). Nach Eliminierung der Abkühlungsklüfte verbleiben auffälligerweise Klüfte, die mit den ac-Klüften der variszischen Faltung übereinstimmen; sie setzen sich vom Gang ins Nebengestein fort. Weitere Kluftpolmaxima finden sich bei $55^{\circ}/70^{\circ}$, $90^{\circ}/40^{\circ}$, $105^{\circ}/5^{\circ}$ und $135^{\circ}/0^{\circ}$; ihnen entsprechen Klüfte, die N-S, E-W, NE-SW und NW-SE streichen. Die Auslängung der Maxima der Abkühlungsklüfte rührt daher, daß die Streichrichtung des Ganges und damit die Lage der Abkühlungsklüfte nicht konstant ist. Derartige Richtungsänderungen auf kurze Entfernung treten häufig auf.

Am Río Tranquilo wurden in einem Grobkonglomerat, das größtenteils aus Vulkanitgeröllen besteht, Klüfte gemessen (Abb.50). Es ergeben sich zwei Streichmaxima, die bei 110° und 35° liegen.

Im Bereich der Formación Lago Cochrane wurden in zwei Aufschlüssen in der Nähe von Cochrane Kluftmessungen durchgeführt, nämlich in einem Andesitgang und in einem Rhyolith.

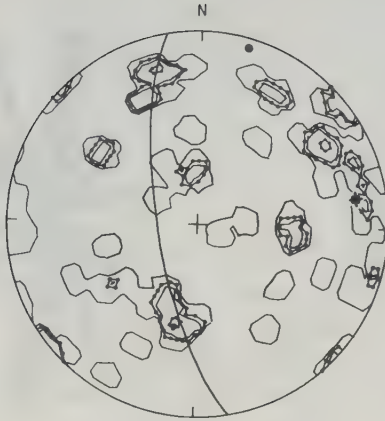


Abb.49: Landspitze 2 Km N von
Desague
Meßbereich 192
67 Klüfte

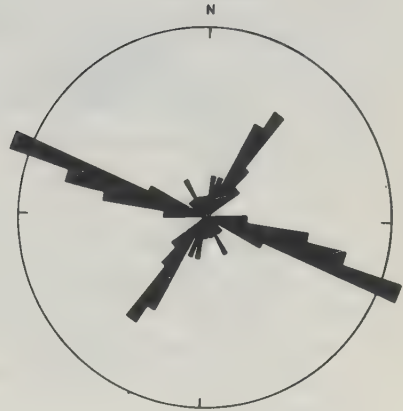


Abb.50: 2 Km E Lago
Tranquilo
Meßbereich 274
66 Klüfte

E von Cochrane finden sich nach Eliminierung der Abkühlungsklüfte bei $15^{\circ}/75^{\circ}$ Kluftpole, die mit den ac-Kluftpolen der variszischen Faltung übereinstimmen (Abb.51). Es finden sich weitere Kluftpolmaxima bei $30^{\circ}/0^{\circ}$, $85^{\circ}/50^{\circ}$, $105^{\circ}/75^{\circ}$ und $355^{\circ}/60^{\circ}$; sie repräsentieren Klüfte, die N-S, E-W und NW-SE streichen.

Auch in den Rhyolithen der Formación Quemado, die SW von Cochrane anstehen, treten 170° - und 20° -streichende Klüfte deutlich hervor (Abb.52). Weitere ausgeprägte Maxima finden sich bei 45° und 100° .

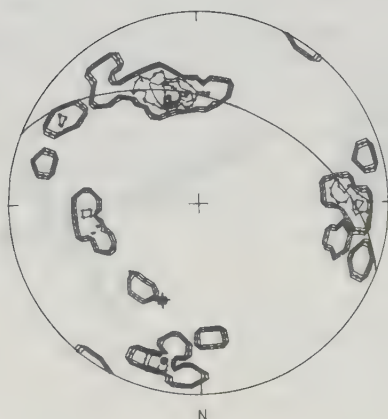


Abb. 51: 7,5 Km E Cochrane
Meßbereich 25
36 Klüfte

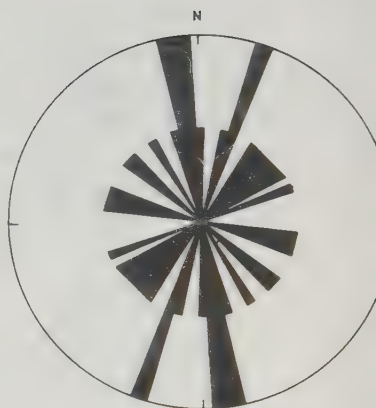


Abb. 52: 3 Km SW Cochrane
Meßbereich 52
22 Klüfte

6.1.3 Folgerungen

Die im Grundgebirge erhaltenen Kluftgefüge lassen sich ausnahmslos der variszischen Orogenese zuordnen. Am deutlichsten sind die ac-Klüfte ausgebildet, die mit Hilfe der im Gelände gemessenen b-Achsen des variszischen Faltengefüges identifiziert wurden. Fast immer ist eine Scherkluftschär kräftig ausgebildet, während die anderen ebenso wie die bc-Klüfte in den Hintergrund treten.

Unabhängig von der Orientierung des variszischen Gefüges finden sich in fast allen Kluftrosen des Arbeitsgebietes zwei Kluftscharen, die 10° - 20° und 90° - 110° streichen. Außerdem kommt relativ oft eine 50° - 70° -streichende Kluft-

richtung vor. Nur selten ist die NW-Richtung ausgeprägt; dort, wo sie deutlich hervortritt, ist sie meist identisch mit der variszischen ac-Richtung.

In den vulkanischen Gesteinen verbleiben nach der Eliminierung der Abkühlungsklüfte in allen untersuchten Bereichen Klüfte, die 15° - 30° und 100° - 125° streichen. Seltener sind 40° - 50° - sowie 145° -streichende Klüfte ausgebildet.

Es zeigt sich also, daß in Vulkaniten wie im Grundgebirge gleichgerichtete Kluftscharen auftreten. Sie sind manchmal von den variszisch geprägten Klüften abtrennbar; meist ist jedoch eine genaue Unterscheidung nicht möglich. Es kann aber mit Sicherheit gesagt werden, daß tektonische Prozesse, die nach der variszischen Orogenese abliefen, im Grundgebirge noch zur Kluftbildung führten, da sich Klüfte aus den vulkanischen Gängen in die metamorphen Schiefer fortsetzen.

Die im gesamten Arbeitsgebiet beobachtete Konstanz dieser nachvariszisch angelegten Kluftrichtungen weist in Verbindung mit den nachweislich jungen N-S-streichenden Faltenstrukturen auf eine E-W-gerichtete maximale Hauptbeanspruchung hin. Dabei sind ac- und bc-Klüfte deutlich ausgebildet. NE-SW-streichende Scherklüfte sind oft kräftig ausgebildet, während NW-SE-streichende selten sind.

6.2 Gänge

Die vulkanischen Gänge folgen bevorzugt Richtungen, die durch die variszische Orogenese vorgeprägt sind (Abb.53). Besonders häufig treten E-W-streichende Gänge auf, die über mehrere 100 m verfolgbare sind. Diese Richtung entspricht teilweise der ac-Richtung der variszischen Falten-

tektonik. Außerdem finden sich noch relativ häufig NE-SW- und N-S-streichende Gänge. Wie vulkanische Gänge in das bestehende Gefüge eindringen zeigt Abb.54.

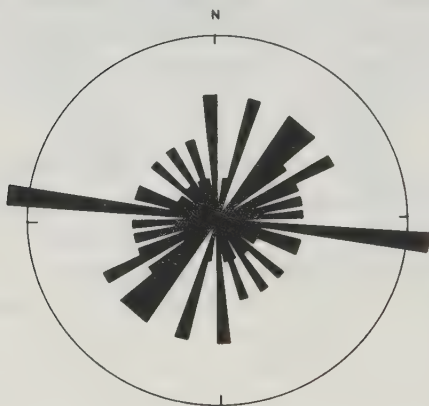


Abb.53: Sammeldiagramm
des Arbeitsge-
bietes.
48 Andesitgänge

Mitunter finden sich Rhyolithgänge, die Andesitgänge durchschlagen. Diese Rhyolithgänge verlaufen alle - mit einer Ausnahme - in N-S-Richtung. Anscheinend kam es nach der Ablagerung der Formación Divisadero zu einem neuerlichen Aufsteigen von sauren Schmelzen, die bevorzugt jungen Schwächezonen folgten; diese haben, wie unten noch gezeigt werden wird, einen N-S-gerichteten Verlauf.

6.3 Verwerfungen

Im Arbeitsgebiet finden sich besonders in der Formación Lago General Carrera mächtige Störungs- und Mylonitzone. Hauptsächlich im Bereich von Desague und Pto.Sánchez gibt es bis zu 100m breite, ca. N-S-streichende Störungszonen,

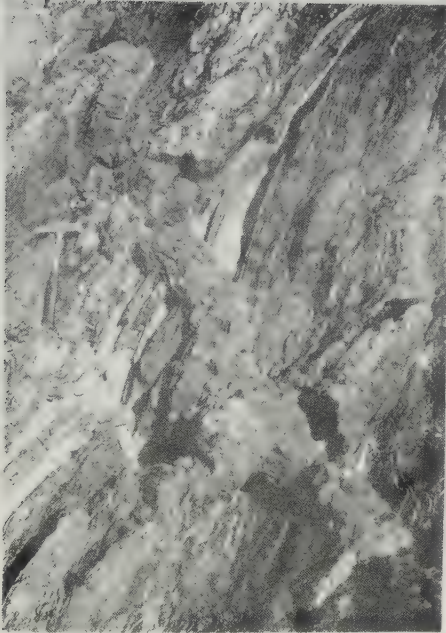


Abb.54: Andesitgang
im metamorphen Grund-
gebirge. Ortsbereich
Pto.Guadal

die aus tektonischen Brekzien bestehen. Als Komponenten dieser Brekzien treten teilweise Rhyolithblöcke auf, die einen Durchmesser bis zu 0,5 m erreichen können. Da diese Rhyolithe vermutlich nicht älter als die Formación Quemado sind, müssen die Störungszonen jünger als Oberjura sein. BORRELLO (1957, S.871) beschreibt vom östlichen Andenfuß am Lago Pueyrredón N-S-streichende Verwerfungen, die im Neokom auftreten. Vom Lago O'Higgins berichten SERRANO & MORAGA (1963, S.4) außer von E-W-streichenden Störungen auch über eine ca. 20° -verlaufende Aufschiebung, die post-jurassisches Alter hat.

Besonders deutlich hervortretende, NE-SW-streichende Störungs- und Knitterzonen (s. dazu auch Abb.55) versetzen einerseits E von Pto.Guadal an rechts- wie linkshändigen Verwerfungen die Subvulkanitzüge, sind also jünger als Oberjura. Zum anderen finden sie sich im Grundgebirge neben ca. 20° -streichenden Gängen, die sie aber nicht durchsetzen; sie sind also älter als die Gänge. Die NE-SW-Richtung ist also bereits variszisch angelegt und in jüngerer Zeit wieder aktiv geworden. S des Lago Gutiérrez treten in Vulkaniten der Formación Quemado N-S-streichende Verwerfungen auf, die als Abschiebungen ausgebildet sind. Nach ESPINOSA & STAMBUK (1971b, S.28) sind bevorzugte Störungsrichtungen innerhalb der Granitkomplexe die E-W- und die NE-SW-Richtung. Ihrer Ansicht nach müssen diese Verwerfungen jünger als Kreide sein.

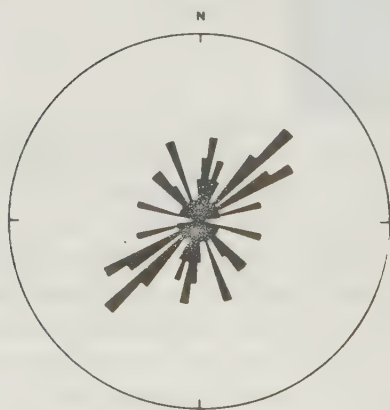


Abb.55: Sammeldiagramm
des Arbeitsge-
bietes.
64 Verwerfungen

Aus dem Lagerstättenbereich von Pto.Sánchez vermutet FORTIN (1972, S.19), daß E-W-Störungen im Oberjura oder in der Unterkreide angelegt worden sind. Eventuell zu dieser Zeit wurden auch die großen Störungszonen aktiv, die nach-

träglich mit tektonischen Brekzien verheilt sind. Die Vererzung im Bereich von Pto. Sánchez ist fast ausschließlich auf diese tektonischen Brekzien beschränkt. Sie ist jünger als die Anlage der E-W-streichenden Störungen, da sie durch diese nicht beeinflusst ist (FORTIN 1972, S.19). Die erzführenden Gänge wurden durch N-S und später durch ca. 70°-verlaufende Störungen versetzt.

6.4 Lineamente

Im gesamten Arbeitsgebiet wurden ca. 2600 Photolineamente aus Luftbildern gemessen. Da keine topographischen Meßpunkte vorliegen, konnten die Bilder nicht exakt orientiert werden; die daraus resultierenden Abweichungen wirken sich auf die statistische Auswertung nur unwesentlich aus.

6.4.1 Meßergebnisse

Die Messungen aus Bereichen der Formación Lago General Carrera (Abb.56,57) zeigen deutliche Maxima; ausgeprägt sind die N-S-, daneben auch NE-SW- und NW-SE-Richtungen. Die E-W-Richtung fehlt fast völlig.

In der Nähe von Cochrane (Abb.58) sind nur die 45°-streichenden Lineamente deutlich ausgeprägt. Alle anderen Richtungen treten stark in den Hintergrund.

In Abb.59 sind sämtliche gemessenen Photolineamente dargestellt. Sehr deutlich ist die N-S-Richtung ausgebildet, während in NE-SW- und E-W-Richtung noch erkennbare Maxima angelegt sind. Die NW-SE-Richtung tritt zwar relativ häufig auf, streut jedoch ziemlich stark.

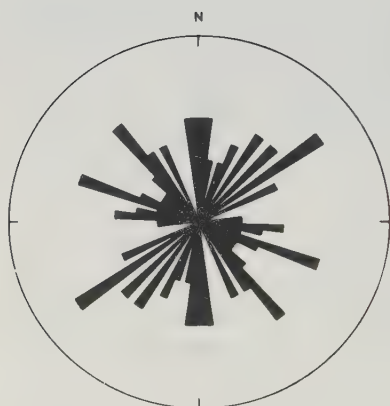


Abb. 56: Desague
93 Photolinea-
mente

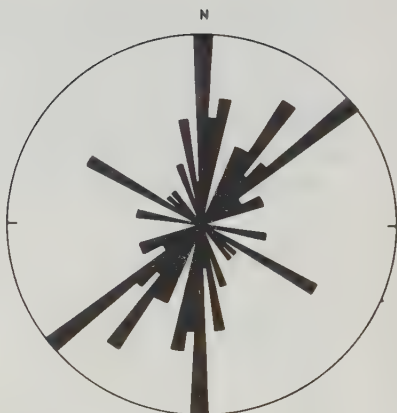


Abb. 57: Pto. Guadal
96 Photolinea-
mente

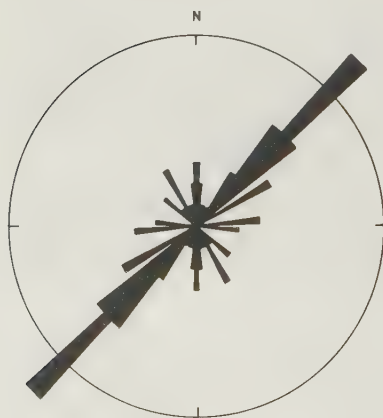


Abb. 58: Cochrane
60 Photolinea-
mente

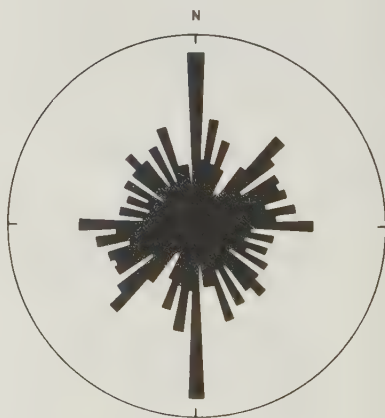


Abb. 59: Sammeldiagramm
des Arb.-Gebietes
2637 Photolinea-
mente

Auch in Abb.60, in der sämtliche Lineamente dargestellt wurden, deren Länge mehr als 6 Km beträgt, stechen deutlich die N-S- und die NE-SW-Richtungen hervor. Außerdem finden sich ausgeprägt eine NW-SE-(150°) und eine ENE-WSW-Richtung(70°). Die E-W-Richtung ist auch hier fast nicht ausgebildet. Anscheinend ist sie nur selten im Großbereich verwirklicht. Sehr deutlich tritt jedoch diese Richtung in Graniten hervor (Abb.61). Während hier die N-S-Richtung völlig fehlt, sind NE-SW- und NW-SE-Richtungen gut ausgebildet.

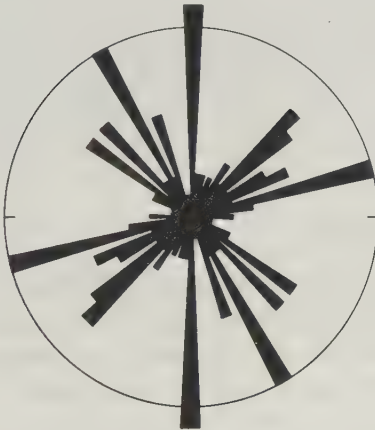


Abb.60: Sammelendiagramm des
Arbeitsgebietes
107 Großlineamente

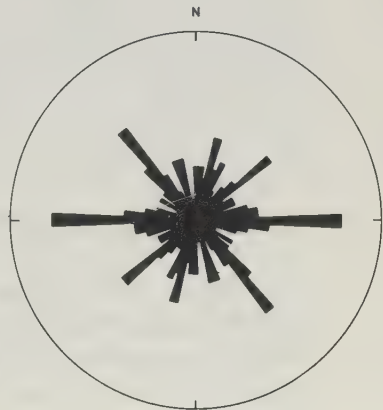


Abb.61: Granite
170 Photolineamente

Eine Analyse der markanten Richtungen wie Talverläufe, Flußrichtungen, Längserstreckung von Seen usw. zeigt, daß N-S, E-W- und NE-SW-Richtungen bevorzugt sind (Abb.62). Die NW-SE-Richtung ist zwar vorhanden, streut aber ziemlich stark.

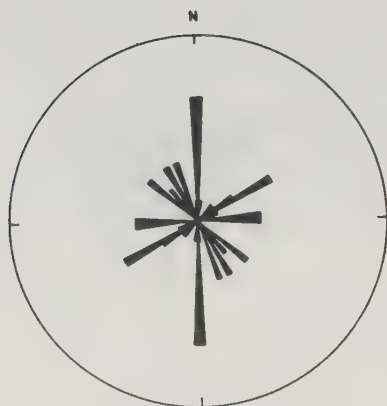


Abb.62: Richtungen von
Flüssen, Tälern,
Seen usw.
39 Messungen

6.4.2 Folgerungen und Vergleiche

Die bevorzugten Richtungen der Photolineamente stimmen oft mit denen nachweislich junger Bewegungszonen überein. Da diese jedoch nicht selten wieder aufgelebte ältere Strukturen (Kap.6.3) sind, ist es schwierig, alt angelegte Lineamente von jungen zu trennen. Das Erkennen des älteren, vorwiegend variszischen Gefüges ist deshalb schwierig, weil es oft vom alpidischen überlagert wird. So entspricht z.B. bei Pto.Sánchez der variszischen bc-Richtung die alpidische hkO-Richtung. Dort, wo variszischer und alpidischer Gefügeplan nicht stark voneinander abweichen, streuen die Maxima stark.

Die Hauptrichtungen der Lineamente sind zum Teil mit Strukturrichtungen identisch, die aus anderen Gebieten als sicher junge Bildungen beschrieben werden. So werden aus der gesamten chilenischen Küstenkordillere neben relativ jungen,

E-W-streichenden, grabenartigen Strukturen und Blattverschiebungen sehr häufig noch jüngere, N-S-verlaufende Verwerfungen geschildert, die beachtliche Versetzungsbeträge erreichen (ZEIL 1964, S.118ff). N-S-streichende Vertikalstörungen finden sich besonders deutlich ausgebildet als Randbrüche des chilenischen Längstalgrabens.

Aus Mittelchile erwähnt STIEFEL (1972, S.115f) das Auftreten Känozoischer Strukturlinien; dabei sind N-S- und NW-SE-Richtungen am häufigsten, während NE-SW- und E-W-Richtungen stark in den Hintergrund treten. In der Hochkordillere kommen vor allem N-S-streichende Strukturen vor, die wahrscheinlich im Pliozän bis Pleistozän angelegt wurden (ZEIL 1964, S.138). Die quartären Vulkane Nordchiles sitzen auf Linien, die bevorzugt N-S, daneben auch NE-SW und E-W streichen (MILLER 1967b). Dem Jungtertiär schreibt auch KATZ (1962b, S.602) das Aktivwerden NE-SW-streichender, annähernd senkrecht stehender Blattverschiebungen im Bereich der Magallanesgeosynklinale zu. Aus dem Nordpatagonischen Massiv berichtet VOLKHEIMER (1973, S.35) über im Pliozän beginnende, N-S-verlaufende Grabenbrüche, die er als Folge einer Zerrungstektonik anspricht.

Alle diese Angaben zeigen, daß im Jungtertiär in den südlichen Anden ein System von Lineamenten angelegt worden ist, das sich einem Beanspruchungsplan zuordnen läßt, der symmetrisch zum Streichen der in diesem Bereich N-S-verlaufenden Anden steht.

Im Bereich des 46-sten südlichen Breitengrades trifft der ozeanische Chile-Rücken auf den südamerikanischen Kontinent. Während die ihn begleitenden Störungszonen nach der Ansicht von MORGAN et al. (1969, S.138) mit ca. 100° streichen, verlaufen sie nach HERRON & HAYES (1969, S.79) mit ca. 85° . Sie sind somit in etwa parallel zu den gemessenen

E-W-streichenden Verwerfungen und Lineamenten in meinem Arbeitsgebiet. Anzeichen jüngerer Bewegungsvorgänge in diesen Richtungen konnten jedoch nicht beobachtet werden.

Mit einer etwaigen Beeinflussung dieses Kontinentteiles durch den Chile-Rücken befaßte sich STIEFEL (1972, S.1120). Er berichtet von einer ausgeprägten NW-Tendenz der Strukturlinien, hinter der NE-SW-, N-S- und E-W-Richtungen an Häufigkeit deutlich zurückstehen. Außerdem beschreibt er eine NW-SE-gerichtete Anordnung von Hochgebieten (Mte. San Valentin - Cerro San Lorenzo); als ihre Ursache sieht er den nach HERRON & HAYES (1969, S.79ff) von NW her auf den Kontinent treffenden Chile-Rücken. Eine Deutung über die Art dieser Beeinflussung wird jedoch nicht gegeben. Was unter dem Begriff "Strukturlinie" verstanden wird, wird ebenfalls nicht näher ausgeführt.

Meiner Ansicht nach ist es bei unserem derzeitigen Kenntnisstand verfrüht, in einer deutlichen Ausprägung dieser Richtung eine Beeinflussung durch den Chile-Rücken zu sehen. Als einziges ozeanisches Strukturelement käme eine Fortsetzung der "rift-zone" auf dem Kontinent in Betracht. Es scheint jedoch keineswegs gesichert, wie diese Zone verläuft. Während sie nach HERRON & HAYES (1969) NW-SE streicht, verläuft sie nach MORGAN et al. (1969) NNE-SSW. Um eine Interpretation der NW-gerichteten Bruchstrukturen durchführen zu können, müssen sie erst näher untersucht werden. Nur wenn es sich dabei um Dehnungsbrüche handeln und die Ansicht von HERRON & HAYES (1969) sich als richtig erweisen sollte, könnte man diese Strukturrichtungen als vom Chile-Rücken beeinflusst ansehen.

Auffällig ist das Zurücktreten und die breite Streuung NW-gerichteter Strukturelemente und das deutliche Hervortreten der NE-Richtung in meinem Arbeitsgebiet. Ähnliche Beob-

achtungen machte auch MARANGUNIC (1971,S.8) in den pata-
gonischen Kanälen südlich des 44-sten Breitengrades. Wenn
die NW-verlaufende Queraufwölbung vom Mte.San Valentín
zum Cerro San Lorenzo (STIEFEL 1972, S.1122) durch den
Chile-Rücken verursacht wäre, dann müßten auch in meinem
Arbeitsgebiet viel häufiger NW-SE-streichende Strukturen,
vor allem Dehnungsbrüche, zu finden sein. Naheliegender
erscheint mir, diese tektonische Richtung dem alpidischen
Beanspruchungsplan zuzuordnen. Sie läßt sich problemlos als
Richtung maximaler Scherspannung einer E-W-gerichteten maxi-
malen Hauptbeanspruchung erklären.

7. Schlußfolgerungen

Sicher präkambrische Gesteine, wie sie in der weiteren Umgebung wenigstens stellenweise vorhanden sind (Teile des Nordpatagonischen Massivs), kommen im Untersuchungsgebiet nicht vor. Die Formación Lago General Carrera hat in Analogie zu ähnlichen Serien Argentinien's altpaläozoisches Alter. Dort sind vergleichbare Serien an vielen Stellen bekannt (CUERDA 1974).

Überlagert wird diese intensiv gefaltete, eugeosynklinale Serie im Arbeitsgebiet von der überwiegend devonischen, miogeosynklinalen Formación Lago Cochrane, die ebenfalls stark verformt ist. Ihr Metamorphosegrad ist schwach; sie bildet den Deckmantel für die älteren Serien, die zum Teil in Antiklinalen zu Tage treten.

Während einer Hebung des gesamten Gebietes, die bis ins frühe Mesozoikum andauerte, wurden die permokarbonischen Flysch- und Molasseablagerungen am SW-Rand des Nordpatagonischen Massivs gebildet.

Ab der Trias bzw. ab dem Jura werden Anden- und Magallanesgeosynklinale ("Liminäre" und "Geosyncline" nach AUBOUIN 1972, CHARRIER & VICENTE 1972 und AUBOUIN et al. 1973) angelegt. Sie sind getrennt durch ein Hochgebiet, das sogenannte Concepción-Land (CECIONI 1970).

Die andine Serie beginnt im Gebiet von Lago General Carrera und Lago Cochrane mit meist sauren Vulkaniten von mutmaßlich oberjurassischem Alter. An ihrer Basis liegen häufig Konglomerate und Brekzien, in denen Teile des metamorphen Grundgebirges aufgearbeitet sind. Diese Bildungen finden sich auf Gesteinen des Grundgebirges, also auf konti-

nentaler Kruste. Daraus folgt, daß zumindest dieser Teil der Geosynklinale nicht, wie oft gefordert wird, auf ozeanischer Kruste angelegt worden ist. Über die sauren basalen Vulkanite transgrediert in der Unterkreide eine Serie mariner Sedimente; sie geht in Vulkanite wechselnder Ausbildung mit sporadischen sedimentären Einschaltungen über. Auf diese oberkretazischen bis alttertiären, vermutlich kontinentalen Ablagerungen folgen im Oligozän und Miozän marine und kontinentale Sedimente (siehe hierzu auch Abb.63).

Wie gezeigt wurde (Kap.3), ist das metamorphe Grundgebirge mehrmals intensiv gefaltet worden. Die wichtigste Faltung ist die variszische Hauptfaltung; sie führte zur Hauptgefügeprägung und war von einer Metamorphose begleitet (Kap.2.3). Da sie einerseits devonische und ältere Schichten (Formación Lago Cochrane, Formación Lago General Carrera) scharf faltete, oberjurassische und jüngere Serien (Deckgebirge) aber nicht erfaßte, muß ihr Alter zwischen Devon und Oberjura liegen. Aufgrund von Untersuchungen vieler Bearbeiter des kristallinen Grundgebirges ist die stärkste Phase der variszischen Gebirgsbildung im südlichen Südamerika in das Karbon und Perm einstuftbar; die gleichzeitig mit dieser Faltung verlaufende Metamorphose (s.o.) ist durch radiometrische Altersbestimmungen ebenfalls in diesen Zeitraum eingegrenzt (Kap.2.3.3).

Eine einheitliche Faltenrichtung ist nicht zu erkennen. W des Andenplutons streichen die b-Achsen überwiegend NW-SE, E davon sind sie NE-SW gerichtet. Vermutlich wurden die Schichten in ziemlich großer Tiefe gefaltet: dafür spricht einerseits das Auftreten von Querfaltung, andererseits auch das oft sehr steile Einfallen der b-Achsen, das teilweise Schlingenbildung hervorruft. Ob sich die variszischen Strukturen einem alten Kern anschmiegt

haben oder von eindringenden Schmelzen des sogenannten Andenbatholithen in ihre divergierende Lage gebracht wurden, wird hier zur Diskussion gestellt.

Reliktisch finden sich in der kambro-ordovizischen Formación Lago General Carrera Spuren einer prädevonischen Faltung. Sie muß sich zwischen Ordovizium und Devon ereignet haben, daher kommt ihr ein jungkaledonisches Alter zu.

Nur im Grundgebirge findet sich eine Kleinfaltung, die vorläufig als "postvariszisch" bezeichnet wurde. (Kap.3). Ihre zeitliche Einstufung ist problematisch. Aufgrund der ausgeprägten Richtungskonstanz und der andinen Streichrichtung scheint es naheliegend, sie der postmiozänen Faltung zuzuschreiben. Es stellt sich jedoch die Frage, warum diese Kleinfalten nicht auch im Deckgebirge ausgebildet sind. Besonders in den faltungsinkompetenten Schichten der Formación Coihaique und der Formación Guadal müßte eine enge Faltung erkennbar sein. Dort treten aber nur Falten mit weit größeren Spannweiten auf. Obwohl ihr N-S-Streichen für eine Entstehung zur Zeit der alpidischen Gebirgsbildung spricht, wird diese Faltung, da sie im Deckgebirge nicht ausgebildet ist, einer spätvariszischen Faltungsphase zugeschrieben.

Von einer ähnlichen Erscheinung berichtet MILLER (im Druck) aus dem Gebiet der patagonischen Kanäle. Auch dort finden sich richtungskonstante, N-S-streichende Falten im Grundgebirge, das von einer schwach gewellten, kretazischen und tertiären Sediment- und Vulkanitserie überlagert ist; er schreibt dieser Faltung spätvariszisches Alter zu.

	GESTEINE	SERIENBEZEICHNUNG
Quart.		quart. Ablagerungen
		Deckbasalt
Tertiär		Formación Guadal
		Form. Divisadero
Kreide		Form. Coihaique
Jura		Form. Quemado
Trias		
Perm		
Karbon		
Devon		Form. Lago Cochrane
Silur		
Ordov.		Form. Lago Gral. Carrera
Kambr.		
Prä- kambr.		

Abb.63: Stratigraphische Tabelle der Gesteine des Arbeitsgebietes und seiner Umgebung.
(Legende siehe Abb.34)

Eine Faltung, deren Einengungsrichtung E-W ist und die andin streichende Falten bildete, wirkte sich nach dem Miozän nur in sehr beschränktem Umfang aus. Sie führte zu einer weitspannigen Verfaltung der Sedimente der Formación Guadal, während sie in den Vulkanitabfolgen des Deckgebirges nur en-bloc-Verstellungen hervorrief. Die Diskordanzen, die im jungmesozoischen Teil der Serien mitunter festgestellt werden, haben ihre Ursache in geringfügigen Verkippungen einzelner Blöcke. Die tektonischen Prozesse, die in den zentralen Teilen sowohl der Magallanes- als auch der Andengeosynklinale die postvariszischen Gesteine intensiv verfalteten, haben sich auf dieses Übergangsgebiet fast nicht ausgewirkt.

Die Mehrzahl der oft sehr deutlich ausgebildeten Photo-lineamente ist problemlos ebenfalls einer E-W-Einengung zuordenbar; sie sind wahrscheinlich in postmiozäner Zeit entstanden. Teilweise wurden sie bereits im Varistikum angelegt und sind später wieder aufgelebt.

Als jüngste tektonische Phase dauert die Andenhebung heute noch an; dies zeigen viele Altflächen, die in einer Höhe von 1800 m bis 2000m liegen.

8. Angeführte Schriften

- AUBOUIN, J.: Chaînes liminaires (andines) et chaînes géosynclinales (alpines).- Int.Geol.Congr.,Sect.3, 438-461, Montreal 1972
- AUBOUIN, J., BORRELLO,A.V., CECIONI,G., CHARRIER,R., CHOTIN, P., FRUTOS,J., THIELE,R. & VICENTE,J.C.: Esquisse paléogéographique et structurale des andes méridionales.- Rev.Géogr.phys.Géol.dyn.,15, 11-72, Paris 1973
- BIESE,W.: Muñoz Cristi,J.: Geología [Referat] .- Zbl.Geol.Paläont.,I, 555-563, Stuttgart 1954
- BIESE,W.: Auf der Marmorinsel Diego de Almagro (Chile).- Natur und Volk,87, 123-132, Frankfurt/M 1957
- BORRELLO,A.V.: Der tektonische Bau der Ostflanke der patagonischen Kordillere südlich 46° S-Breite.- Geol.Rundsch.,45, 858-877, Stuttgart 1957
- BOWES,W., KNOWLES,P., MORAGA,A. & SERRANO,M.: Reconnaissance for uranium in the Aisen Area, Province of Aisen, Chile.- 44S., 2 Fig., 1 Kte., Santiago de Chile (Inst.Invest.Geol./USAEC) 1960 (informe inédito)
- BRAITSCH,O.: Das Paläozoikum von Sierra Grande (Prov. Río Negro, Argentinien) und die altkaledonische Faltung im östlichen Andenvorland.- Geol.Rundsch.,54, 698-714, Stuttgart 1965
- CECIONI,G.: Primeras noticias sobre la existencia del Paleozoico Superior en el Archipiélago Patagónico entre los paralelos 50° y 52° S.- An.Fac.Cienc.Fis.Mat.,13, 183-202, Santiago de Chile 1956
- CECIONI,G.: Esquema de paleogeografía chilena.- 143 S., Santiago de Chile [Editorial Universitaria] 1970

- CECIONI, G. & CHARRIER, R.: Relaciones entre la cuenca Patagónica andina y el Canal de Mozambique.- Ameghiniana, 11, 1-38, Buenos Aires 1974
- CHARRIER, R. & VICENTE, J.C.: Liminary and geosyncline Andes: major orogenic phases and synchronical evolution of the central and austral sectors of the southern Andes.- Upper Mantle Symposium Buenos Aires 1970, 451-470, Buenos Aires 1972
- CHUDоба, K.: Die Feldspäte und ihre praktische Bestimmung.- 54 S., 46 Textfig., 4 Taf., Stuttgart (Schweizerbart) 1932
- CORVALAN, J.: Geología General.- [in:] Geografía Económica de Chile, 35-82, Santiago de Chile (CORFO) 1965
- CORVALAN, J. & MUNIZAGA, F.: Edades radiométricas de rocas intrusivas y metamórficas de la Hoja Valparaíso - San Antonio.- Inst. Invest. Geol., bol. 28, 40 S., 1 Kte., Santiago de Chile 1972
- CUERDA, A.J.: Zur Stratigraphie des Altpaläozoikums in Argentinien.- Geol. Rundsch., 63, 1261-1277, 2 Taf., Stuttgart 1974
- DARWIN, CH.: Geologische Beobachtungen über Südamerika.- X+ 400 S., 5 Taf., 1 Kte., Stuttgart (Schweizerbart) 1878
- ESPINOSA, W. & STAMBUK, V.: Geología del yacimiento de carbonato de calcio de Punta Capilla del Mármol e Islas Malvinas, Lago General Carrera, Provincia de Aysén.- 11 S., Santiago de Chile (Inst. Invest. Geol.) 1971 (informe inédito) [1971a]
- ESPINOSA, W. & STAMBUK, V.: Informe geológico económico preliminar sobre parte del territorio entre los paralelos 46° y 47° Lat. sur, provincia de Aysén.- 48 S.+ Anh., Santiago de Chile (Inst. Invest. Geol.) 1971 (informe inédito) [1971b]

- ESPINOSA, W. & FUENZALIDA, R.: Geología de las hojas Riveros, Puerto Aysén y Balmaceda entre los paralelos 45° y 46° de latitud sur.- 36 S., 2 Taf., Santiago de Chile (Inst. Invest. Geol.) 1971 (informe inédito)
- FERUGLIO, E.: Descripción geológica de la Patagonia.- 3 Bde., XV + 1114 S., 119 Taf., 46 Falt.- taf., Buenos Aires (Dir. Gen. Y. P. F.) 1949-50
- FLORES, H.: Informe sobre los yacimientos del Lago General Carrera.- 32 S. + Anh., 1 Kte., Santiago de Chile (EMA) 1963 (informe inédito)
- FORTIN, H.: Informe geológico Mina Las Chivas, Lago General Carrera, Provincia Aysén.- 68 S., 15 Kten., Santiago de Chile (CORFO) 1972 (informe inédito)
- GANSS, O.: Zugspalten im Dachsteinkalk.- Geol. Rundsch., 29, 585-593, Stuttgart 1938
- GONZALEZ-BONORINO, F.: Nuevos datos de edad absoluta del basamento cristallino de la Cordillera de la Costa, Chile Central.- Ser. Notas Comunic. Dep. Geol. Univ. Chile, 1, 8 S., Santiago de Chile 1967
- GONZALES-BONORINO, F. & AGUIRRE, L.: Metamorphic facies of the crystalline basement of Chile.- Geol. Rundsch., 59, 979-994, Stuttgart 1970
- HALPERN, M.: Regional Geochronology of Chile South of 50° Latitude.- Bull. Geol. Soc. Amer., 84, 2407-2422, Boulder 1973
- HARMS, J. C.: Sandstone dikes in relation to Laramide faults and stress distribution in the Front Range, Colorado.- Bull. Geol. Soc. Amer., 76, 981-1002, Boulder 1965
- HASEGAWA, K., MATSUSHITA, K., NISHIMURA, T., HERVE, F. & AKAGI, Y.: Geological Note at Las Chivas District, Aysén province, Chile.- Geol. Surv. of Hokkaido, Inf. 44, 25-44, Sapporo 1971

- HAYDN, R.: Tektonisch-geochemische Untersuchungen an der Greiner Schieferserie (Oberer Zemmgrund, Zillertal/Tirol).- Unveröff. Dipl.-Arb. Univ. München, 75 S., München 1971
- HEIM, A.: Geological Observations in the Patagonian Cordillera (Preliminary Report).- Ecl. Geol. Helv., 33, 25-51, 7 Taf., Basel 1940
- HERRON, E.M. & HAYES, D.E.: A geophysical study of the Chile Ridge.- Earth and Plan. Sci. Lett., 6, 77-83, Amsterdam 1969
- HERVE, F., MUNIZAGA, F., GODOY, E. & AGUIRRE, L.: Late paleozoic K/Ar ages of blueschists from Pichilemu, Central Chile.- Earth and Plan. Sci. Lett., 23, 261-264, Amsterdam 1974
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES GEOLOGICAS: Mapa Geológico de Chile, Escala 1:1000000.- Santiago de Chile 1968
- JOUBIN, F. & VELTHEIM, V.: Aisén Mineral Exploration Projekt Chile. United Nations, Technical Assistance Operations and Instituto de Investigaciones Geológicas.- 115 S., 15 Kten. + Anh., Santiago de Chile (U.N. Techn. Ass. Op., I.I.G.) 1963 (informe inédito)
- KATZ, H.R.: Nuevos antecedentes sobre la geología de Aysén.- Minerales, 17, 78, 20-33, 4 Taf., 1 Kte., Santiago de Chile 1962 (1962a)
- KATZ, H.R.: Fracture patterns and structural history in sub-andean belt of southernmost Chile.- J. Geol., 70, 595-603, Chicago 1962 (1962b)
- KRÜCKEBERG, F.: Eine Programmiersprache für gefügekundliche Arbeiten.- C.T.H., 8, 7-53, Clausthal-Zellerfeld 1968
- LAHSEN, A.: Geología de la región continental de Aysén.- Inst. Invest. Recursos Natur. (IREN), inf. 20, 25 S., Santiago de Chile 1967

- LAHSEN, A. & OYARZUN, J.: La minería de Aysén.-
Inst. Invest. Recursos Natur. (IREN), inf. 11,
17 S., Santiago de Chile 1966
- LEANZA, A.: Andes Patagónicos Australes.-
[in:] Geología Regional Argentina, 689-
706, Córdoba 1972
- LESTA, P. & FERELLO, R.: Región extraandina de Chubut y Norte
de Santa Cruz.-
[in:] Geología Regional Argentina, 601-
653, Córdoba 1972
- LEVI, B., AGUILAR, A. & FUENZALIDA, R.: Reconocimiento geológico
en las provincias de Llanquihue y
Chilo.-
Inst. Invest. Geol., bol. 19, 45 S. 5 Taf.,
1 Kte., Santiago de Chile 1966
- MARANGUNIC, C.: Sistemas de fracturas en los canales pa-
tagónicos y posible relación con la me-
sodermal de Chile Occidental.-
Publ. Dep. Geofís. y Geodes. Univ. Chile, 104,
11 S., Santiago de Chile 1971
- MILLER, H.: Kritische Betrachtungen zum geologischen
Zusammenhang zwischen den chilenischen
Anden und der Westantarktis.-
Geol. Rundsch., 56, 643-656, Stuttgart 1967
(1967a)
- MILLER, H.: Zur jungen Tektonik in der Hochkordil-
lere Nord-Chiles.-
N. Jb. Geol. Paläont., Mh., 1967, 536-544,
Stuttgart 1967 (1967b)
- MILLER, H.: Vergleichende Studien an prämesozoischen
Gesteinen Chiles unter besonderer Berück-
sichtigung ihrer Kleintektonik.-
Geotekt. Forsch., 36, 64 S., 9 Taf., Stutt-
gart 1970
- MILLER, H.: Neues zur Geologie von Chile.-
Zbl. Geol. Paläont., 1/2, 76-140, Stutt-
gart 1973 (1973a)
- MILLER, H.: Características estructurales del basa-
mento geológico chileno.-
V. Congr. geol. Argentino, 4, 101-115, Buenos
Aires 1973 (1973b)
- Miller, H.: El basamento de la provincia de Aysén
(Chile) y sus correlaciones con las rocas
premesozoicas de la Patagonia Argentina.-
Act. VI. Congr. geol. Arg. (im Druck)

- MORGAN, W.T., VOGT, P.R. & FALLS, D.F.: Magnetic anomalies and sea floor spreading on the Chile rise.- Nature, 222, 137-142, London 1969
- MÜLLER, H.: Zur Altersfrage der Eisenerzlagerstätte Sierra Grande, Río Negro, in Nordpatagonien aufgrund neuer Fossilfunde.- Geol.Rundsch., 54, 715-732, Stuttgart 1965
- MUNIZAGA, F.: Geochronología de los esquistos del sur de Chile.- Resum.Tornadas Trabajo I.I.G., 1967, 36-37, 2 Fig., Santiago de Chile 1967(unveröff.)
- MUNIZAGA, F., AGUIRRE, L. & HERVE, F.: Rb/Sr Ages of rocks from the Chilean metamorphic basement.- Earth and Plan.Sci.Lett., 18, 87-92, Amsterdam 1973
- MUÑOZ CRISTI, J.: Rasgos generales de la constitución geológica de la cordillera de la costa, especialmente en la provincia de Coquimbo.- An.Prim.Congr.Pan.de Ing.Min.y Geol., 2, 285-317, Santiago de Chile 1942
- NORDENSKJÖLD, O.: Die krystalinischen Gesteine der Magallanesländer.- Wiss.Ergebn.d.Schwed.Exped.nach den Magaländern, I, 6, 175-240, 1905
- ORTIZ, F.: Informe de las observaciones geológicas realizadas durante la expedición a la península de Taitao.(Octubre a diciembre de 1956).- 38 S., Santiago de Chile(CORFO) 1957 (informe inédito)
- PENNA, A.: General Geologic Map, General Carrera Lake Area.- 15 S., 1' Kte., Santiago de Chile(Bethlehem Chile Iron Mines Company) 1967 (informe inédito)
- PEREZ, L.E.: Informe geológico Sector Mina Lago Negro, Lago General Carrera, Provincia Aysén.- 41 S., 2 Kten, Santiago de Chile(CORFO) 1972 (informe inédito) (1972a)

- PEREZ, L.E.: Informe geológico preliminar de algunas manifestaciones de mineral de las zonas de Murta, León y Tranquilo, Lago General Carrera, Provincia Aysén.-
22 S., 1 Kte., Santiago de Chile (CORFO) 1972 (informe inédito) (1972b)
- QUENSEL, P.D.: Beiträge zur Geologie der Patagonischen Kordillera.-
Geol.Rundsch., 1, 297-302, Leipzig 1910
- QUENSEL, P.D.: Geologisch-Petrographische Studien in der Patagonischen Kordillera.-
Bull.Geol.Inst.Univ.Uppsala, 11, 1-114, Upsala 1911
- QUENSEL, P.D.: Die Quarzporphyr- und Porphyroidformation in Südpatagonien und Feuerland.-
Bull.Geol.Inst.Univ.Uppsala, 12, 9-40, Upsala 1914
- REICHERT, F.: La exploración de la Cordillera Central patagónica desconocida entre los paralelos 46° 30' hasta 47° 30', Cerro San Valentín. Informe preliminar de la Expedición Hicken-Reichert, 1921.-
Gaea, I, 3-23, Buenos Aires 1923/24
- REYES, R.: La fauna de trigonias de Aysén.-
Inst.Invest.Geol., bol. 26, 4-39, Santiago de Chile 1970
- RIGGI, J.C.: Resumen geológico de la zona de los lagos Pueyrredón y Posadas, Provincia de Santa Cruz.-
Rev.Asoc.Geol.Argent., 12, 65-97, Buenos Aires 1957
- RUIZ, C.: Posibilidades mineras de Aysén.-
70 S., Santiago de Chile (Imprenta Universitaria) 1946
- RUIZ, C.: Geología y yacimientos metalíferos de Chile.-
305 S., Santiago de Chile (Inst.Invest. Geol.) 1965
- SERRANO, M. & MORAGA, A.: Informe geológico del área Lago O'Higgins, Comuna Baker, Provincia de Aysén.-
29.S. + Anh., 1 Kte., Santiago de Chile (Inst.Invest.Geol.) 1963 (informe inédito)

- SOZA, H.: Informe geológico Mina Silva, Lago General Carrera, Prov. Aysén.-
14. S., 10 Kten., Santiago de Chile (CORFO)
1971 (informe inédito)
- SOZA, H.: Informe geológico Mina escondida Guadal, Aysén.-
41 S., 8 Kten., Santiago de Chile (CORFO)
1972 (informe inédito)
- SPERBER, M. v.: Sandsteingänge im kristallinen Grundgebirge NE von Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasilien.-
Münster. Forsch. Geol. Paläont. (im Druck)
- STEFFEN, H.: Bericht über eine Reise in das chilenische Fjordgebiet.-
Verh. d. deutsch. wiss. Vereins, Santiago de Chile 1904
- STEFFEN, H.: Reisebilder aus dem Gebiete des Río Baker und Lago Cochrane.-
Verh. d. deutsch. wiss. Vereins, Santiago de Chile 1906
- STIEFEL, J.: Das Andenprofil im Bereich des 45. südlichen Breitengrades.-
Geol. Rundsch., 59, 961-979, 1 Taf., Stuttgart 1970
- STIEFEL, J.: Zur tektonischen Entwicklung Chiles im Känozoikum.-
Geol. Rundsch., 61, 1109-1125, Stuttgart 1972
- STIPANICIC, P., RODRIGO, F., BAULIES, O. & MARTINEZ, C.: Las formaciones presenonianas en el denominado macizo nordpatagónico y regiones adyacentes.-
Rev. Asoc. Geol. Arg., 23, 67-98, 5 Taf., Buenos Aires 1968
- STIPANICIC, P. & METHOL, E.: Macizo de Somun Cura.-
[in:] Geología Regional Argentina, 581-599, Córdoba 1972
- SUERO, T.: Las sucesiones sedimentarias suprapaleozoicas de la zona extraandina del Chubut (Patagonia Austral, República Argentina).-
Symp. Sist. Gondw., 373-384, 19. Congr. Geol. Int. Algier 1952

- TISCHER, G.: Über κ -Achsen.-
Geol.Rundsch., 52, 426-447, Stuttgart 1963
- TOUBES, R. & SPIKERMANN, J.: Algunas edades K/Ar y Rb/Sr de plutonitas de la Cordillera Patagónica entre los paralelos 40° y 44° de latitud sur.-
Rev.Asoc.Geol.Argent., 28, 382-396, Buenos Aires 1973
- TURNER, F. & WEISS, L.: Structural analysis of metamorphic tectonites.-
IX + 545 S., New York (McGraw-Hill Book Company) 1963
- VICENTE, J. C.: Reflexiones sobre la porción meridional del sistema peripacífico oriental.-
Conf.Probl.Tierra Sólida, Proy.Intern. Manto.Sup., 31-1, 158-184, Buenos Aires 1970
- VOLKHEIMER, W.: Observaciones geológicas en el área de Ingeniero Jacobacci y adyacencias (Provincia de Río Negro).-
Rev.Asoc.Geol.Argent., 28, 13-36, Buenos Aires 1973
- WETZEL, W.: Die Coyhaique-Schichten des patagonischen Neocoms und ihre Ammoniten.-
N.Jb.Geol.Paläont., Mh., 6, 246-254, Stuttgart 1960
- WINKLER, H. G. F.: Die Genese der metamorphen Gesteine.-
2.Aufl., 228 S., Berlin (Springer) 1967
- WINKLER, H. G. F.: Abolition of Metamorphic Facies, Introduction of the four Divisions of Metamorphic Stage, and of a Classification based on Isograds in Common Rocks.-
N.Jb.Mineral., Mh., 5, 189-248, Stuttgart 1970
- ZEIL, W.: Sedimentation in der Magallanes-Geosynklinale mit besonderer Berücksichtigung des Flysch.-
Geol.Rundsch., 47, 425-443, Stuttgart 1958
- ZEIL, W.: Geologie von Chile.-
233 S., Berlin (Bornträger) 1964

Lebensdaten

Name: Ulrich Kurt Friedrich Lagally

Geburtstag: 27.06.1945

Geburtsort: Freising/Obb

Eltern: Dr.Max Lagally, Facharzt für Innere Krankheiten, und
Dr.Gertrud Lagally, geb. Haseneder, Ärztin für Allgemeinmedizin

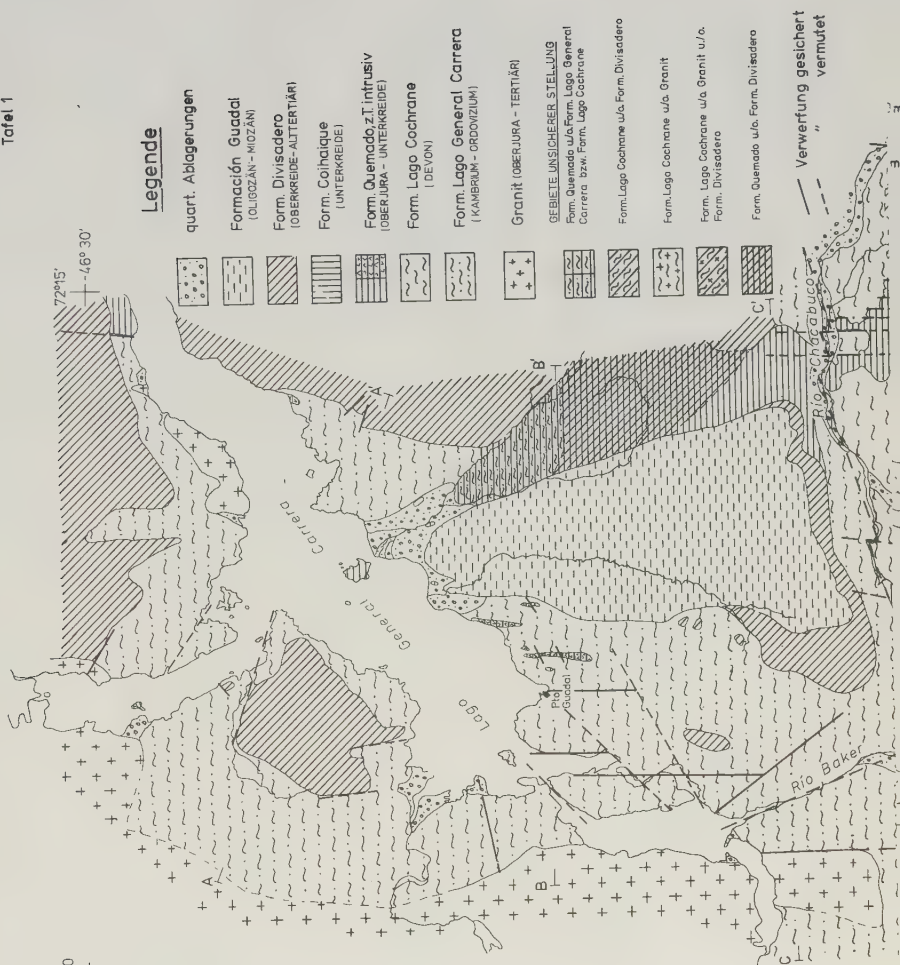
Schulen: 1951-1955 Volksschule Peiting/Obb
1955-1965 Humanistisches Gymnasium Weilheim

Wehrdienst: Oktober 1965 - März 1967

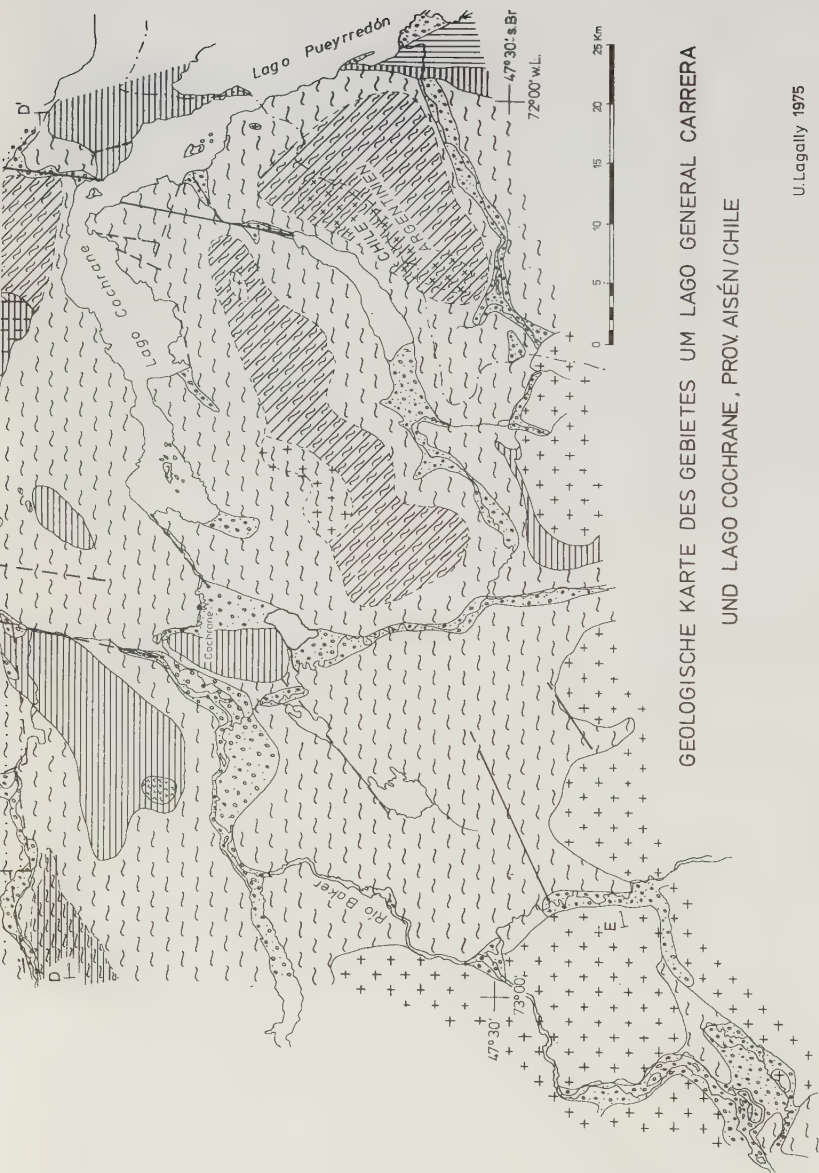
Studium: Mai 1967 Beginn des Geologiestudiums an der Ludwig-Maximilians-Universität in München
Nov. 1969 Diplomgeologen-Vorprüfung
Juli 1972 Diplomgeologen-Hauptprüfung
Okt. 1972 Beginn der Dissertationsarbeit
Okt. 1972 - Sept. 1973 DAAD-Jahresstipendium nach Chile

Meine akademischen Lehrer waren:

G.ANGENHEISTER, H.J.AUTRUM, J.BODECHTEL, R.DEHM, A.FAESSLER,
V.FAHLBUSCH, G.FISCHER, O.FÖRTSCH, I.FRUTH, H.G.GIERLOFF-
EMDEN, W.-D.GRIMM, H.HAGN, L.HAPPEL, R.HÖLL, H.G.HUCKENHOLZ,
R.HUISGEN, H.JAGODZINSKI, H.LOUIS, D.D.KLEMM, A.MAUCHER,
H.MILLER, F.NEUMAIER, K.SCHMIDT, H.SCHRÖCKE, E.WIBERG,
G.TROLL, H.ZIEHR.

$$\begin{array}{r} 73^{\circ}00' \\ + \\ 46^{\circ}30' \\ \hline \end{array}$$


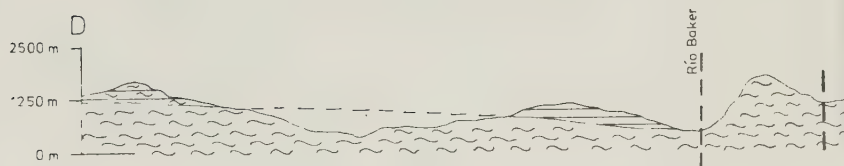
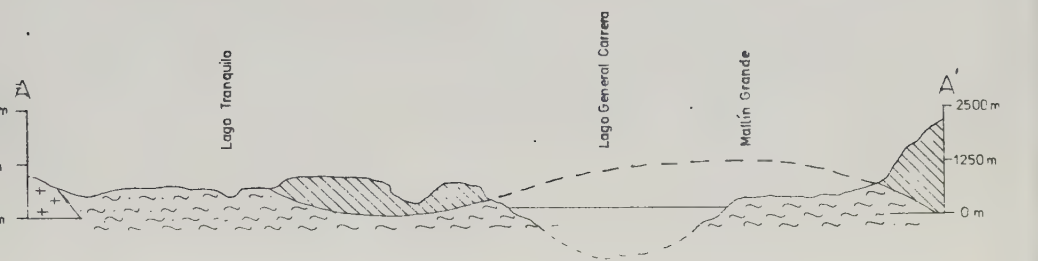
Verwerfung gesichert
" vermutet



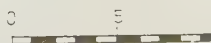
GEOLOGISCHE KARTE DES GEBIETES UM LAGO GENERAL CARRERA
UND LAGO COCHRANE, PROV AISÉN/CHILE

U.Lagally 1975

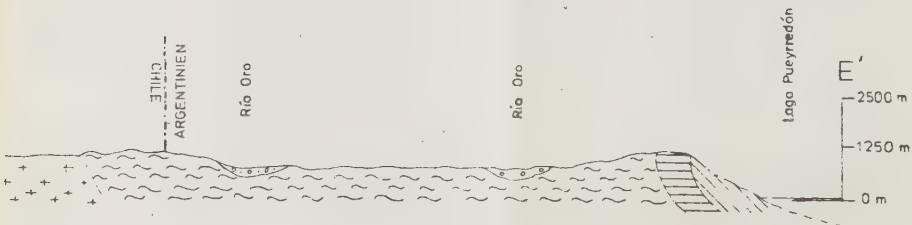
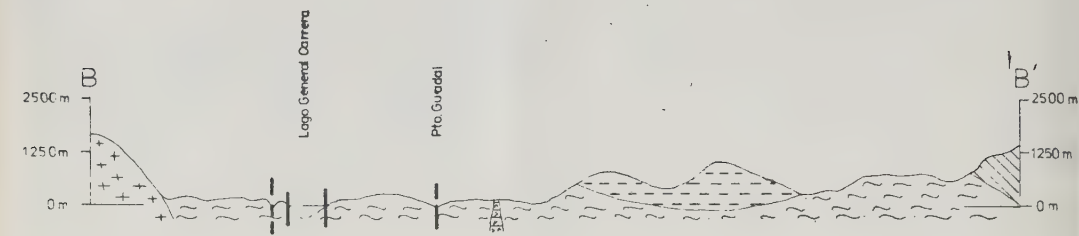
Geologische Profile aus dem Gebiet L (2-fach)



Legende siehe geol. Karte



Lago General Carrera - Lago Cochrane (überhöht)



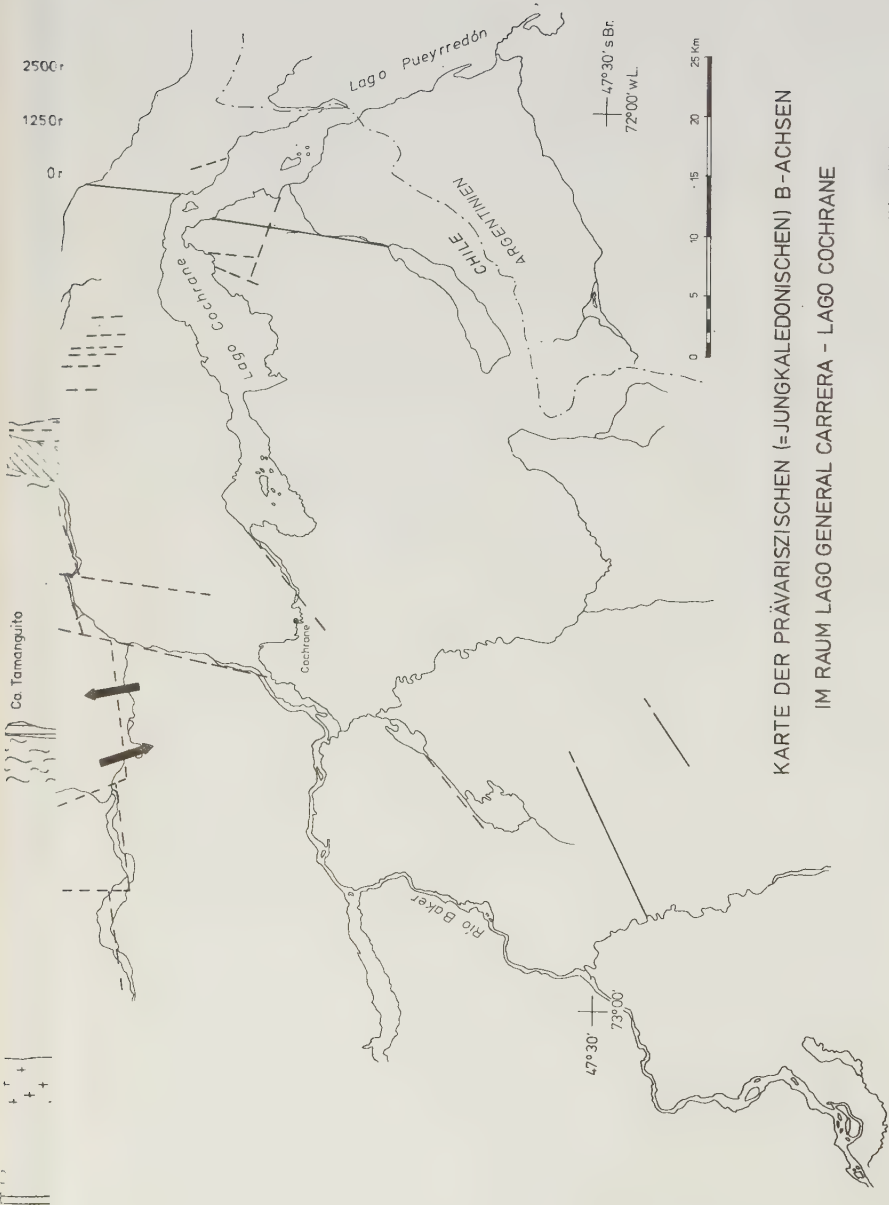
15 20 Km

U. Lagally 1975

Tafel 3



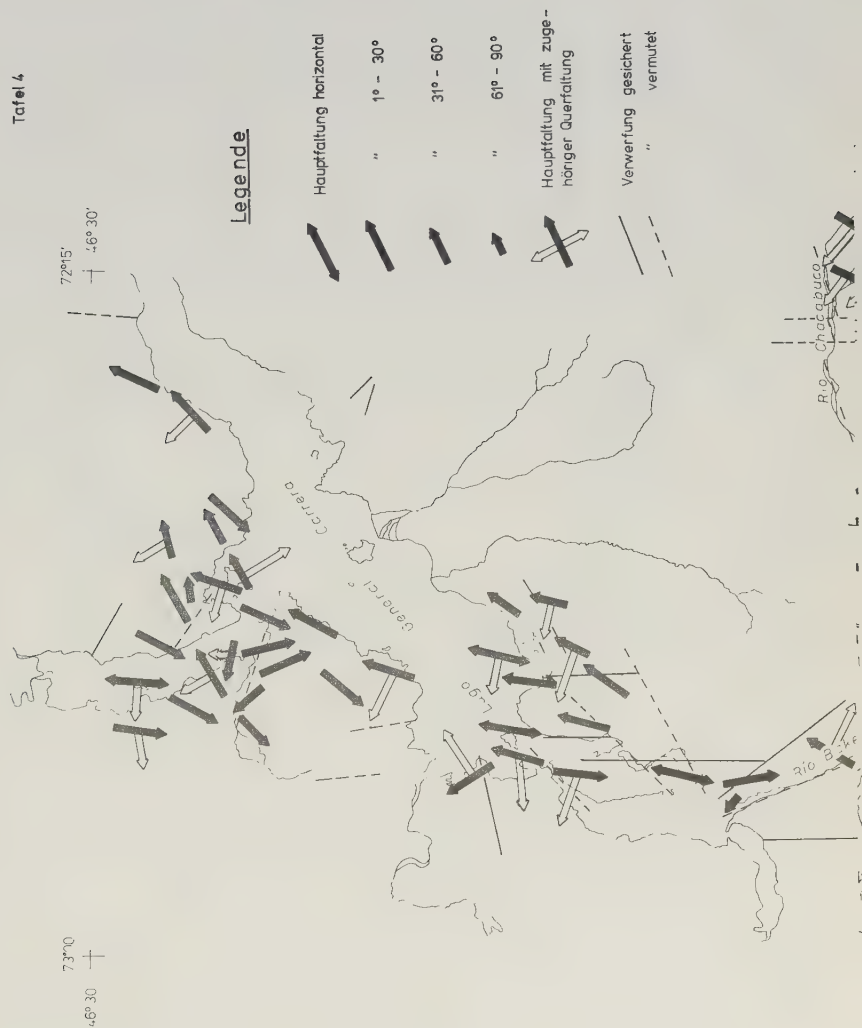
age
ibe



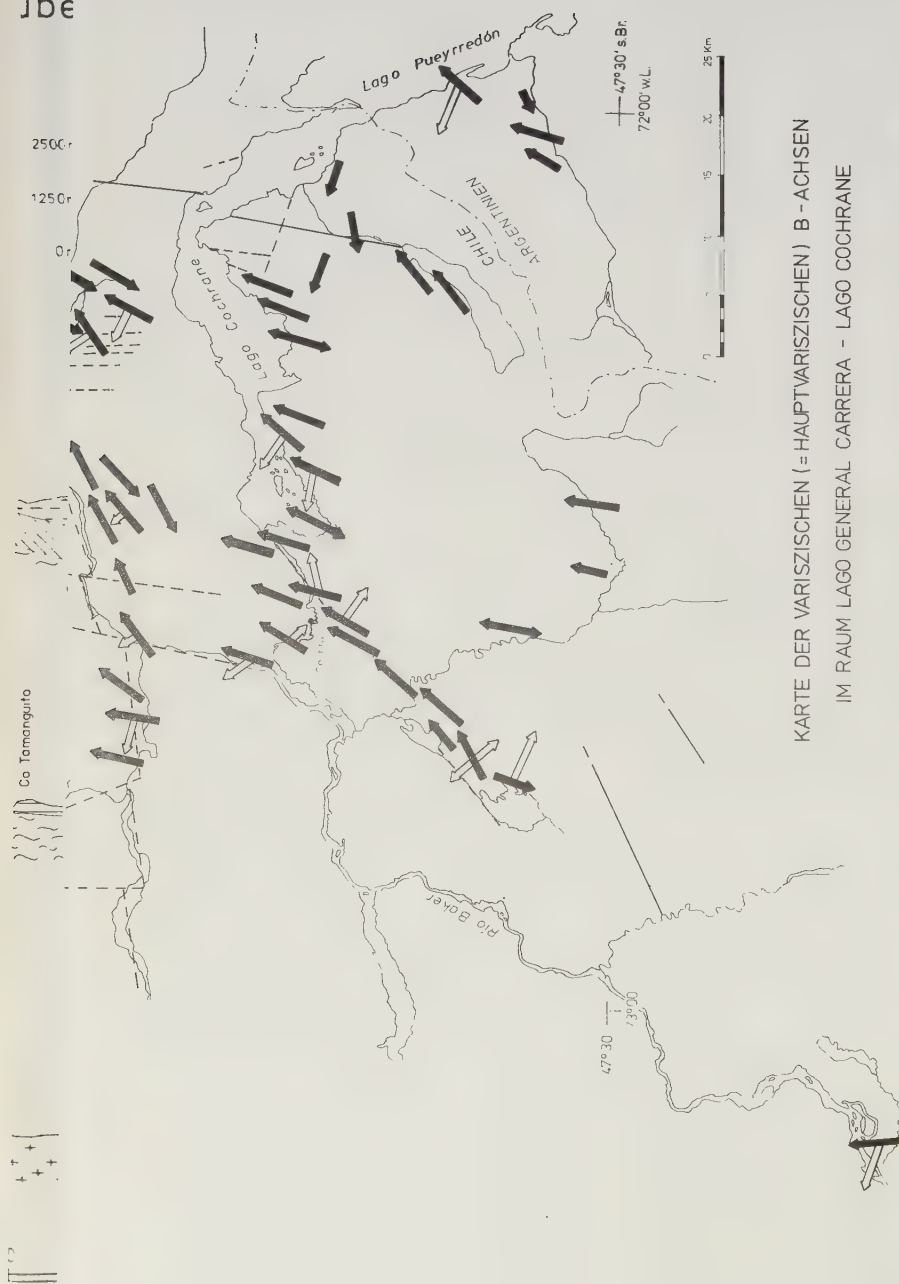
KARTE DER PRÄVARISZISCHEN (=JUNGKALEDONISCHEN) B-ACHSEN
IM RAUM LAGO GENERAL CARRERA - LAGO COCHRANE

U.Lagally 1975

Tafel 4



agc
übe



KARTE DER VARISZISCHEN (= HAUPTVARISZISCHEN) B - AXISEN
IM RAUM LAGO GENERAL CARRERA - LAGO COCHRANE

U. Lagally 1975

72°15'

-46°30'

Le

Río Chacabuco

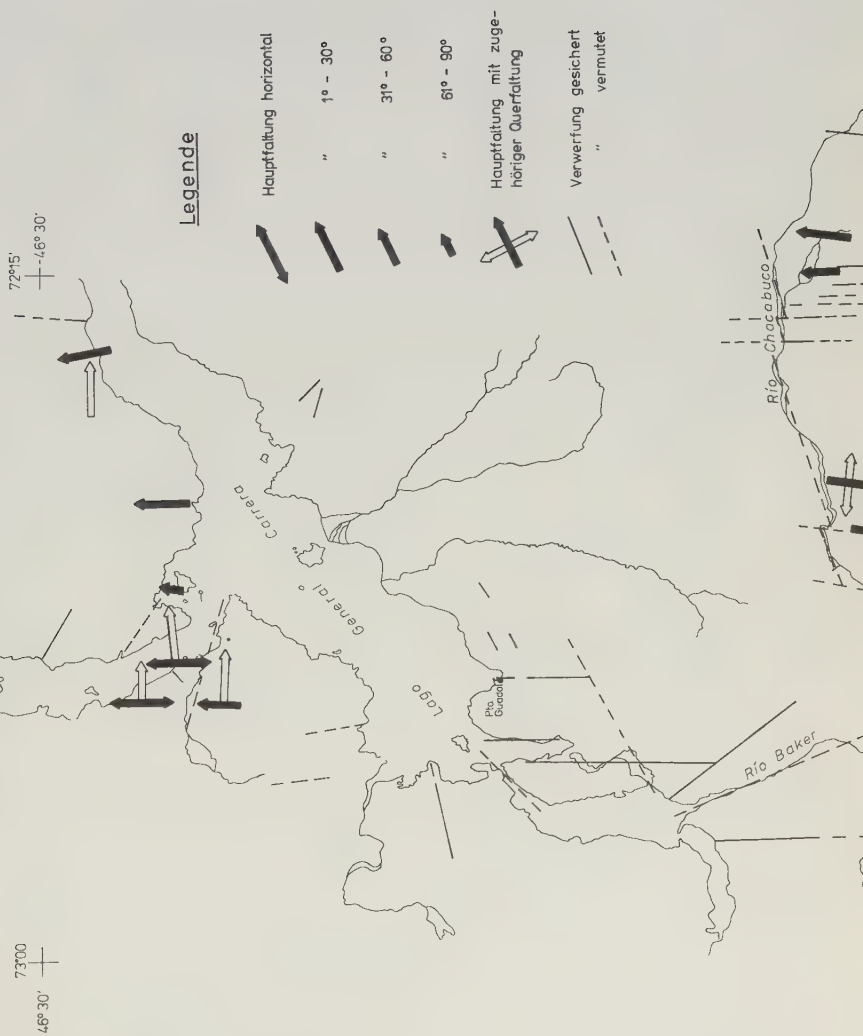
Río Baker

Plaz. Guadalupe

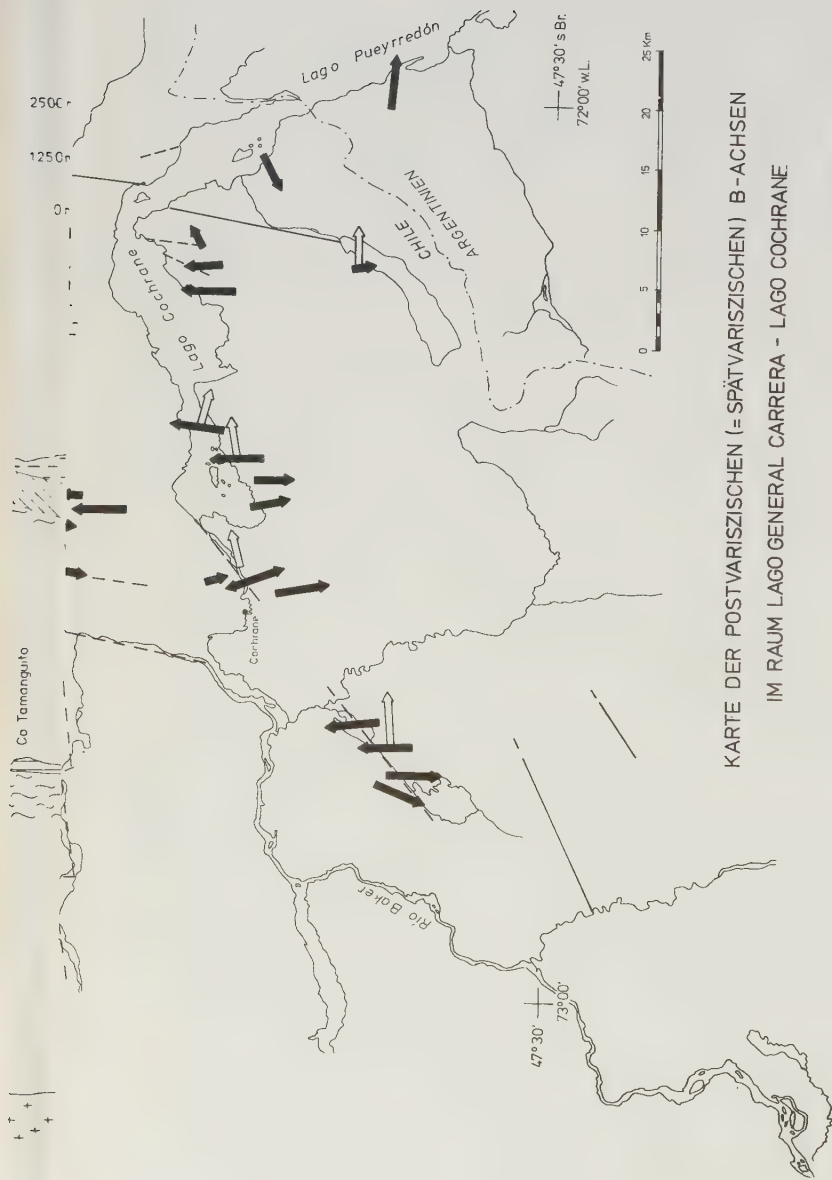
Carretera General

0601

Ice flow directions are indicated by arrows: solid black arrows for primary flow and open white arrows for secondary flow.



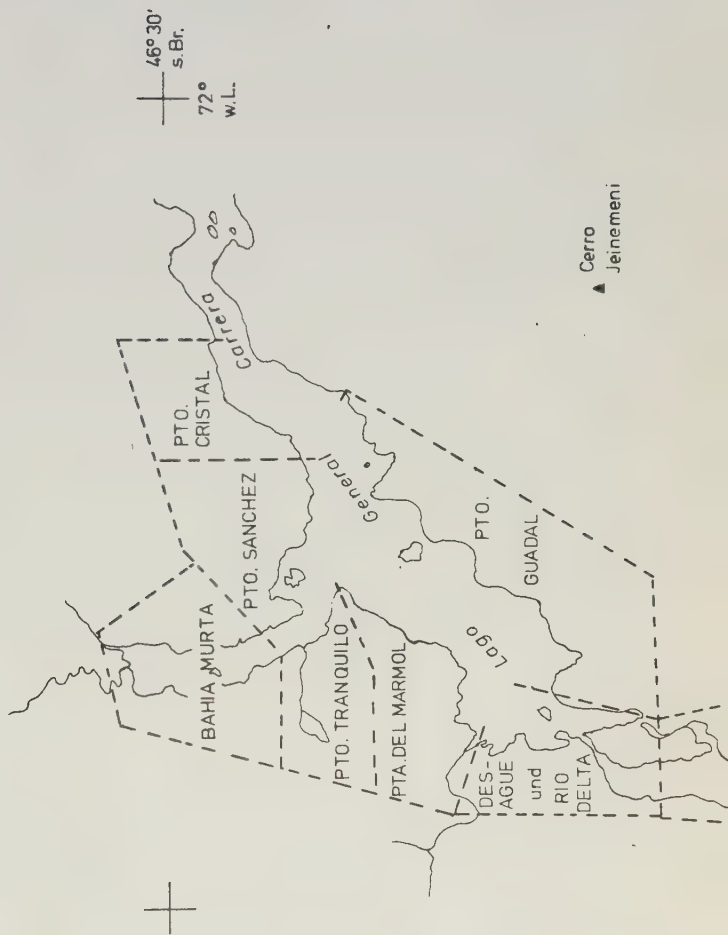
agc
übe



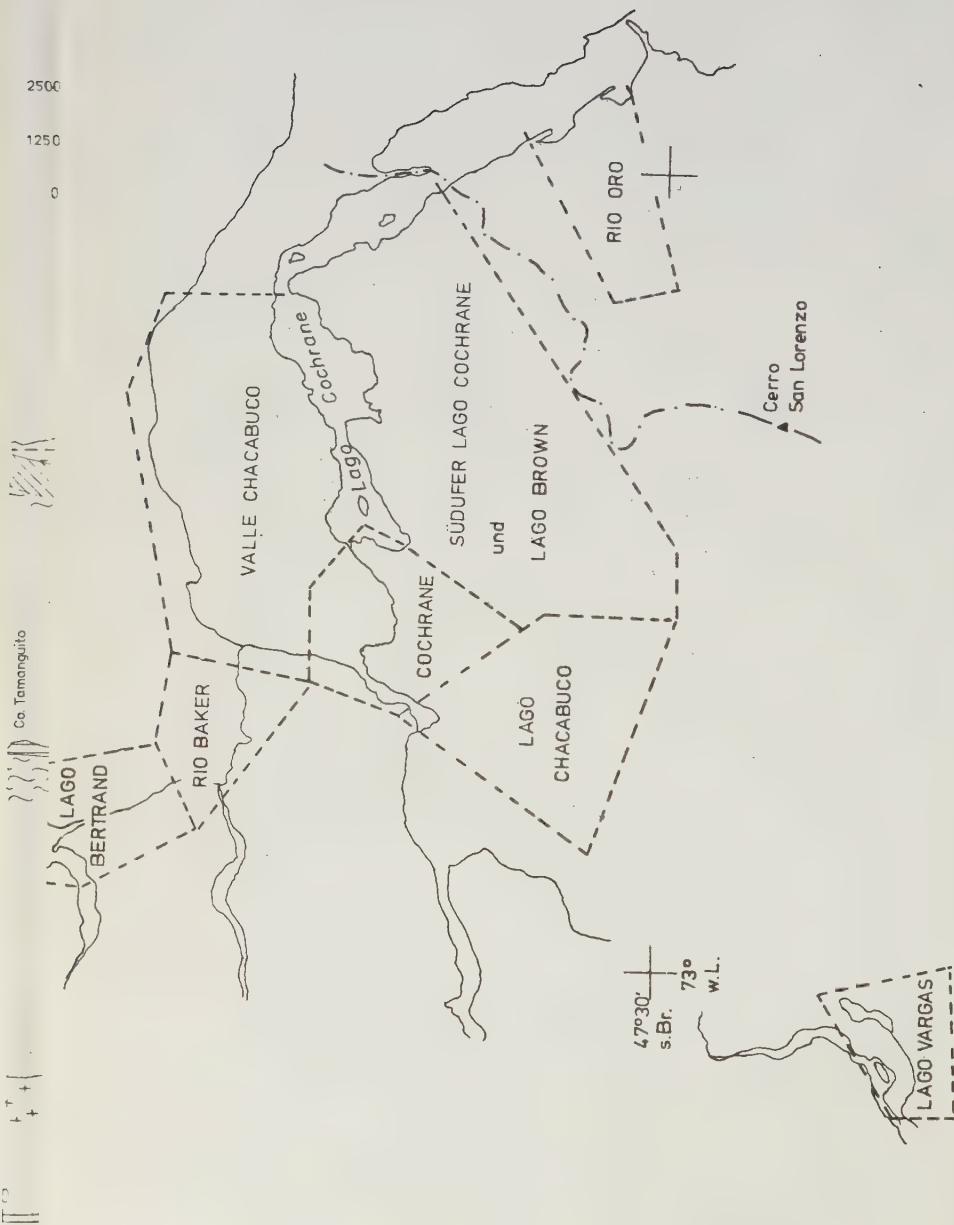
KARTE DER POSTVARISCHISCHEN (= SPÄTVARISCHISCHEN) B - AXISEN
IM RAUM LAGO GENERAL CARRERA - LAGO COCHRANE

U. Logally 1975

Lage der tektonischen Meßbereiche



age
übe



U. Lagally 1975

